DER EINFLUSZ DER KNOSPEN AUF DAS STENGELWACHSTUM VON ASPARAGUS PLUMOSUS UND A. SPRENGERI

VON

J. OOSTERHUIS.

INHALT.

EINFÜHRUNG.

Studiert man die umfangreiche Literatur, welche die letzten Jahre über die Wachstumsfrage erschienen ist, so ergibt sich, dasz die erworbenen Resultate sich fast ausnahslos gründen auf Untersuchungen, die an Koleoptilen von Gräsern ausgeführt worden sind. Nur ausnahmsweise werden andere Pflanzenteile für obengenannte Untersuchungen gewählt. So arbeitete Beyer mit Hypokotylen von *Helianthus*, Cholodny mit Hypokotylen von *Lupinus* und *Helianthus* und mit Wurzeln von *Lupinus*.

Daher kam bei mir die Frage auf, ob es nicht seinen Nutzen haben könnte, zu untersuchen, ob das Wachstum von ganzen Stengeln, an der Hand neuerer Einsichten, auf annehmbare Weise zu erklären wäre.

Unter „neueren Einsichten in die Ursachen des Wachstums" verstehe ich die Einsichten, wie sie in der letzten Zeit von Cholodny und Went verteidigt werden. Beide Forscher kommen zu der Schluszfolgerung, dasz das Wachstum, in soweit es auf Zellstreckung beruht, von bestimmten Stoffen verursacht wird. Diese Stoffe werden von Went Wuchsstoffe genannt, während Cholodny von Wuchshormonen spricht. Stark meint, dasz es besser ist, mit E. Seubert von Wachstumsregulatoren zu reden.

Nach Stark entstehen diese Wachstumsregulatoren im Vegetationspunkt. Dekapitierung eines Stengels hat immer eine deutliche Wachstumshemmung zur Folge. Aus der wahrgenommenen Wachstumshemmung nach Dekapitation darf man aber nicht schlieszen, dasz das Wachstum ausschlieszlich vom Vegetationspunkt beherrscht wird, denn die Internodien bleiben auch kürzer, wenn man nur die Blätter entfernt.

Bevor der Einflusz des Entfernens der Knospen untersucht wird, ist es aber notwendig, eine nähere Einsicht in das normale Wachstum des Stengels zu bekommen. Dies ist besonders wichtig, da die Wachstumsweise bei verschiedenen Pflanzengruppen sehr auseinander geht. Van Burkom unterscheidet nach der Wachstumsweise 3 Typen:

a. Pflanzen wobei das Wachstum im ganzen Wachstumsbezirk regelmäszig von unten nach oben bis ein Maximum steigt und darüber abnimmt;

b. Pflanzen dezen Stengelglieder individualisiert sind. Jedes Glied besitzt für sich ein Wachstumsmaximum, das im Anfang des Wachstums unten im Stengelglied liegt und sich darauf noch oben verlegt;

c. Pflanzen mit interkalarem Wachstum. Die Stengelglieder sind individualisiert. Anfangs findet das Wachstum statt wie sub. *b.* beschrieben worden ist, aber verlegt sich das maximale Wachstum nicht, sondern bleibt unten im Stengelstück, weil der weitere Teil des Stengelgliedes nicht mehr wächst.

Es scheint mir, dasz die sub. *a.* genannte Gruppe für das Anstellen von Wachstumsmessungen angesichts oben genannter Fragestellung, am meisten geeignet ist. Nur bei dieser Gruppe ist es ja möglich das wachsende Stengelstück als ein Ganzes zu betrachten.

Unter den Pflanzen, die nach Van Burkom zum ersten Typus gehören, nennt er u.a. *Asparagus off.* Es stellte sich

heraus, dasz *A. Sprengeri* und *A. plumosus* ebenso zu diesem Typus gerechnet werden können.

Durch das Wohlwollen des Herrn Jonkmans in Sneek bekam ich einige Hunderte von Pflanzen von *Asparagus off.* und einige Zehner von *A. Sprengeri* zu meiner Verfügung. Mit diesem Material sind folgende Beobachtungen getan, hauptsächlich in den Monaten November und Dezember 1929 und im Januar, Februar und März 1930.

Die Pflanzen standen in einem geheizten Treibhause. Täglich wurden Maximum- und Minimumtemperatur notiert über 24 Stunden und die Mittagtemperatur.

Während der Beobachtungsperiode variierte die Temperatur folgendermaszen:

		Arithmetischer Mttelwert.
Minimumtemperatur	10° C—17° C	1i4.5° C.
Maximumtemperatur	18° C—24° C	21 ° C.
Mittagtemperatur ...	17° C—24° C	20.5° C.

Die Temperatur war immer am niedrigsten um 7 Uhr morgens, am höchsten war sie um 3 Uhr mittags. Die tägliche Temperatursteigung und nächtliche Temperaturabnahme zeigte eine grosze Regelmäszigkeit.

Es musz darauf geachtet werden, dasz für jede Untersuchung mehrere (3—5). Stengel gebraucht worden sind, auch wenn nur die Angaben von einem Stengel mitgeteilt werden.

KAPITEL I.

DER EINFLUSZ DER ENDKNOSPE UND DER ACHSELKNOSPEN AUF DAS STENGELWACHSTUM.

1. Das Wachstum des normalen Stengels.

Bevor mit den eigentlichen Beobachtungen ein Anfang gemacht wurde, muszte der Beweis geliefert werden, dasz das gebrauchte Material den gestellten Anforderungen entspricht.

Um untersuchen zu können, ob die Wachstumsregion des Stengels von *A. plumosus* und *A. Sprengeri* als ein Ganzes betrachtet werden darf, wurde das Wachstum während mehrerer Tage gemessen. Mittels einiger Tabellen und Figuren soll versucht werden zu beweisen, dasz das Wachstum obengenannter Stengel dem des ersten Typus Van Burkoms gleicht.

TABELLE 1.

Wachstumsverteilung im wachsenden Teile des Stengels von A. plumosus.

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelteile in m.m.
4 März 1930 ..	Spitze 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 + 10 × 4
6 „ 1930 ..	„ 7.5 11.5 18 12 12 10 8 7 6.5 6 5 5 4.5 4 + 10 × 4
Verlängerung in m.m.	Spitze 3.5 7.5 14 8 8 6 4 3 2.5 2 1 1 0.5 0 10 × 0

Tabelle 1. bezieht sich auf einen Stengel, der am 4. März 1930 durch Tuschenmarken in Stücke von 4 m.m. verteilt worden ist. Aus der Länge der verschiedenen Stücke am 6. März geht aufs deutlichste hervor, dasz das Wachstum des Stengels genau dem des Typus a. von Van Burkom gleicht. Der in Stücke von 4 m.m. verteilte Stengelteil besteht aus mehreren Stengelgliedern.

TABELLE 2.

Wachstumsverteilung im wachsenden Teile des Stengels von A. Sprengeri.

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelteile, in m.m.
14 Dezember 1929 ..	Spitze 7 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
16 „ 1929 ..	„ 9 10 12 11 9 9 7 6 6 5.5 5 5 5
Verlängerung in m.m.	Spitze 2 5 7 6 4 4 3 1 1 0.5 0 0 0

Tabelle 2 zeigt das Resultat der Beobachtung bei einem Stengel von *A. Sprengeri*. Da das Resultat genau mit dem

TABELLE 3.

Tägliches Wachstum eines normalen Stengels von A. plumosus.

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelglieder, in m.m.																				
11 Febr. 1930	14	17	12	5	3	1.5	1	Spitze 4													
12 „ 1930	14	17.5	17	9	5.5	3	2	1	Sp. 4												
13 „ 1930	14	17.5	19	15	10	6	4	2.5	1.5	Sp. 5											
14 „ 1930	14	17.5	19	18	15	9.5	6	4	2.5	1.5	Sp. 5										
15 „ 1930	14	17.5	19	19	20	15	10	7	4.5	3	2	1	Sp. 5								
16 „ 1930	14	17.5	19	19	20	20	19	12.5	8.5	5	4	2.5	1.5	1	Sp. 5						
17 „ 1930	14	17.5	19	19	20	21	22	19	13.5	8	6	4	2.5	2	1	Sp. 5					
18 „ 1930	14	17.5	19	19	20	21	22	23.5	21	14	10	7	5	3.5	2	1.5	Sp. 5				
19 „ 1930	14	17.5	19	19	20	21	22	23.5	23.5	20	16.5	12	8	5.5	2.5	2	1	Sp. 4.5			
20 „ 1930	14	17.5	19	19	20	21	22	23.5	23.5	22	22.5	17.5	12.5	9	6	3.5	2	1	Sp. 5		
21 „ 1930	14	17.5	19	19	20	21	22	23.5	23.5	22	22.5	23	20	15	9.5	5.5	3.5	2.5	1.5	1	Sp. 5

bei *A. plumosus* übereinstimmt, kann hieraus gefolgert werden, dasz das Wachstum des Stengels von *A. Sprengeri* ebenso dem des Typus a. von Van Burkom gleicht.

Tabelle 3 zeigt das Wachstum der einzelnen Stengelglieder eines normalen Stengels von *A. plumosus*. Die Glieder sind von Blatt bis Blatt gemessen wie Fig. 1 zeigt. In gleicher Weise sind alle weiter mitzuteilenden Messungen an Stengelgliedern gemacht.

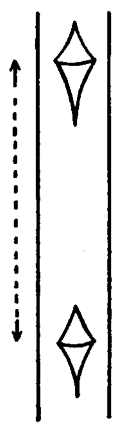


Fig. 1.

Miszt man täglich das Wachstum jedes Stengelgliedes, so zeigt sich, dasz die Verlängerung anfangs sehr gering ist, nachher bis ein Maximum ansteigt und endlich wieder abnimmt. Da dies aber auch bei einer Wachstumsweise mit individualisierten Stengelgliedern der Fall sein könnte, ist das Wachstum gemessen von Stengeln, welche in Abschnitte von 5 m.m. verteilt wurden. Die 5 m.m. lange Stengelteile gehörten zwei benachbarten Internodien. Wenn das Wachstum dieser Stengel in der Mitte des Internodiums gröszer oder kleiner wäre als in der Nähe der Knoten, so würde sich dies in der Verlängerung der Stengelstücke, worin sich ein Knoten befand, zeigen. Dasz dies nicht der Fall ist, geht deutlich aus Tabelle 4 und Fig. 2 hervor.

An einigen Tagen war die Verlängerung so grosz, dasz 2 neue Abschnitte von 5 m.m. angebracht werden konnten. Die Untere dieser Abschnitte erreichte nicht die gleiche Grösze wie die Obere. Dies ist verständlich, da die Zellen im untersten Teile schon länger in Streckung begriffen waren im Augenblick, wo die Tuschenmarken angebracht wurden.

Aus Fig. 2 geht hervor, dasz das Wachstum eines Stengels von *A. plumosus* ein ähnliches Bild zeigt wie das Wachstum einer Wurzel (Siehe die Abbildung auf Seite 23 Benecke-Jost II Pflanzenphysiologie, 1924). Hierdurch wird die

TABELLE 4.

Tägliches Wachstum eines Stengels von A. plumosus, der in Abschnitte von 5 m.m. verteilt wurde.

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelstücke, in m.m.																
9 Febr. 1930.	5	3B2	3×5	5	3B2	5	5	1B4	Spitze 8								
10 „ 1930.	5	3B2	3×5	5.5	3.5B2.5	7.5	8	1.5B6.5	3B2	Sp. 7							
11 „ 1930.	5	3B2	3×5	5.5	3.5B2.5	8	10	3B12	6.5B4.5	4B1	Sp. 9						
12 „ 1930.	5	3B2	3×5	5.5	3.5B2.5	8	10	4B15	10B10	7B3	5B	5B	Sp. 8				
13 „ 1930.	5	3B2	3×5	5.5	3.5B2.5	8	10	4B15	11B13	11B8	10B0.5	8B0.5	5B	Sp. 10			
14 „ 1930.	5	3B2	3×5	5.5	3.5B2.5	8	10	4B15	11B15	14B12	17B1.5	15B1	8B0.5	5	2B3	Sp. 7.5	
15 „ 1930.	5	3B2	3×5	5.5	3.5B2.5	8	10	4B15	11B15	14B12	18B2	27B2	14B1	9	3B6	B4B1	Sp. 7.5
16 „ 1930.	5	3B2	3×5	5.5	3.5B2.5	8	10	4B15	11B15	14B12	18B2	27B3	21B1	18	4B14	0.5B7B2	2B3 Sp. 9
17 „ 1930.	5	3B2	3×5	5.5	3.5B2.5	8	10	4B15	11B15	14B12	18B2	27B3	21B1	18	4B22	1B12B3	3B5 Sp. 14

B. = Blatt.

Länge der aufeinanderfolgenden Stengelglieder, in m.m.: 16, 22, 20, 26, 24.5, 26, 29, 30, 29, 24, 23, 23, 12, 6, 5, Sp. 14. (Nicht in Abschnitte von 5 m.m. verteilt).

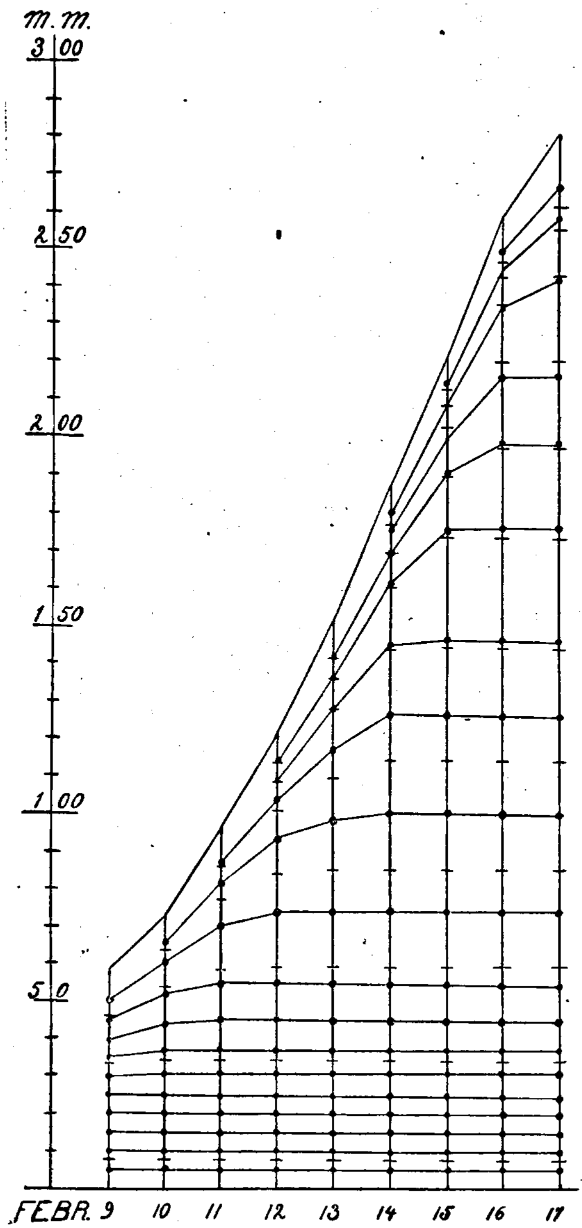


Fig. 2. Tägliches Wachstum des Stengels von *A. plumosus*, nach Tabelle 4.
— = Blatt. ● = Tuschenmark.

Überzeugung gegründet, dasz der wachsende Teil des Stengels von *A. plumosus* als ein Ganzes zu betrachten ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dasz sich aus dem Mitgeteilten ergibt, *dasz das Wachstum im wachsenden Stengelteil von A. plumosus und A. Sprengeri regelmäszig von unten nach oben ansteigt, bis ein Maximum und darüber abnimmt.*

2. Wachstumsmessungen bei dekapitierten, entblätterten und der Achselknospen beraubten Stengeln von A. plumosus und A. Sprengeri.

Ausgehend von der von Went u.a. beschriebenen Wachstumshemmung bei enthaupteten Avenakoleoptilen, habe ich den Einflusz von Dekapitierung auf das Wachstum des Stengels von *A. plumosus* und *A. Sprengeri* untersucht.

Die Achselknospen, die von häutigen Blättchen umschlossen werden, sind scheinbar als schlafende Knospen zu betrachten. Anfänglich glaubte ich denn auch, dasz, angenommen, dasz die Streckung ganz von der Gegenwart eines wachstumsfördernden Stoffes beherrscht würde, dieser aus der Stengelspitze zuflieszen müszte. Dieser Ansicht nach müszte die Dekapitierung einen wichtigen Einflusz auf die weitere Verlängerung des übriggebliebenen Stumpfes haben.

Um diesen Einflusz untersuchen zu können, wurde im voraus das tägliche Wachstum des normalen Stengels studiert. Wie aus Tabelle 5 und zugehöriger Figur 3 hervor geht, ist das Wachstum ziemlich gleichmäszig.

TABELLE 5.

Tägliches Wachstum eines Stengels von A. plumosus. (Siehe auch Fig. 3).

Februar	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zuwachs in m.m.	15	21.5	18	24	31	24	31.5	26.5	29	28.5	

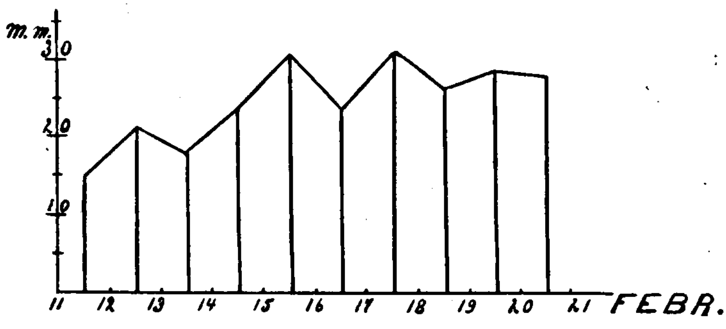


Fig. 3. Tägliches Wachstum eines Stengels von *A. plumosus*. (Siehe auch Tabelle 5).

Der Einflusz der Dekapitierung auf das Wachstum zeigen die Tabellen 6 und 7 und die angehörigen Figuren 4 und 5.

TABELLE 6.

Der Einflusz des Dekapitierens auf das tägliche Wachstum eines Stengels von A. plumosus. (Siehe auch Fig. 4).

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelglieder in m.m.	Tägliches Wachstum in m.m.	Bemerkungen
3 Dez. 1929 ..	30 29 34 25 15 8 5 3 2 1 Sp. 4		
4 „ 1929 ..	30 29 34 35 27 17 10 6 4 2 Sp. 6	44	
5 „ 1929 ..	30 29 34 35 37 30 19 12 7 4 Sp. 10	47	
6 „ 1929 ..	30 29 34 35 37 39 30 20 12 7 Sp. 15	41	
7 „ 1929 ..	30 29 34 35 37 39 42 39 23 15 Sp. 25	60	
8 „ 1929 ..	30 29 34 25 37 39 42 50 39 25 Rest25	44	Spitze entfernt, lang 7 m.m. Wachstum 37+7=44 m.m.
9 „ 1929 ..	30 29 34 35 37 39 42 50 41 38 Rest40	30	
10 „ 1929 ..	30 29 34 35 37 39 42 50 45 48 37 23	36	Stumpfspitze entfernt, lang 2 m.m. Wachstum 34+2=36 m.m.
11 „ 1929 ..	30 29 34 35 37 39 42 50 45 50 46 36	24	

Dekapitation eines Stengels von *A. Sprengeri* hat dieselbe Folge wie Dekapitation eines Stengels von *A. plumosus.* Dies geht hervor aus der Vergleichung von Fig. 6 mit Fig. 4 und 5.

Aus den Tabellen 6 und 7, wie aus den Figuren 4, 5 u. 6 geht hervor, dasz die Streckung des Stengels nach Dekapitation weiter geht.

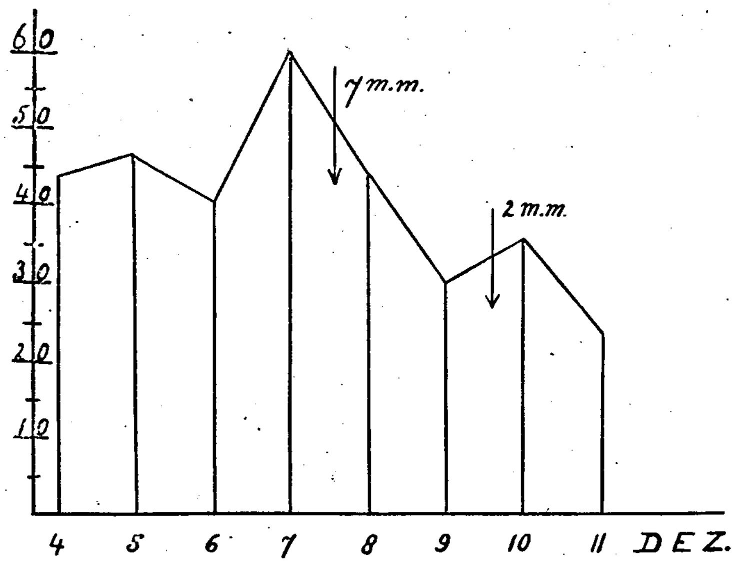


Fig. 4. Der Einflusz des Dekapitierens auf das tägliche Wachstum eines Stengels von *A. plumosus.* (Siehe auch Tabelle 6).

Ein überwiegender Einflusz der Stengelspitze auf die Streckung der Stengelglieder ist also nicht wahrscheinlich, sei es auch, dasz ein zeitlicher Einflusz zu bemerken ist.

Stellt man sich auf den Standpunkt Wents, der sagt: „Ohne Wuchsstoff kein Wachstum", so musz der „Wuchsstoff" wenigstens noch anderswo gebildet werden als im Stengelgipfel.

Als Bildungsstätte kommen weiter noch in Betracht:

TABELLE 7.

Der Einflusz der Dekapitation auf das tägliche Wachstum eines Stengels von A. plumosus. (Siehe auch Fig. 5).

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelglieder in m.m.	Tägliches Wachstum in m.m.	Bermerkungen
28 Oct. 1929...	25 24 22 24 20 16 11 10 7 5 4 2 Spitze		
		23.5	
29 „ 1929...	25 25 24 26 23 20 14 13 8 5.5 5 3 2 Spitze		
		33	
30 „ 1929...	25 25 24 27 26 26 20 17 11 8 7 5.5 3 2 Spitze		
		44.5	
31 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 25 25 19 13.5 12 9 6 4 3 Spitze		
		36.5	
1 Nov. 1929...	25 25 24 27 26 27.5 26 30 25 19 17 13 10 6 5 3 Spitze		Spitze entfernt lang 8 m.m.
		31.5	
2 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 23 22 16 12 8 6 3.5 2 Rest		Wachstum: 23.5+8=31.5 m.m.
		32.5	
3 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 26 27 22 17 12 10 5 4 2 Rest		
		38	
4 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 26 30 30 25 18 15 9 5 3 2Rest		
		29	
5 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 26 30 34 29 24 19 12 8 5 3 2		Stumpfspitze entfernt lang 1 m.m.
		23	
6 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 26 30 34 34 30 24 15 10 6 4 2		
		22	
7 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 26 30 34 34 35 30 20 15 7 4 2		
		21	
8 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 26 30 34 34 35 36 27 19 10 5 2		
		19	
9 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 26 30 34 34 35 39 32 23 14 7 3		
		17	
10 „ 1929...	25 25 24 27 26 27.5 27 31 27 26 30 34 34 35 39 36 28 19 9 4		

1. die Achselknospen,
2. die häutigen Blätter,
3. der Stengel selbst.

Um den Einflusz der sub. 1, 2 und 3 genannten Teile

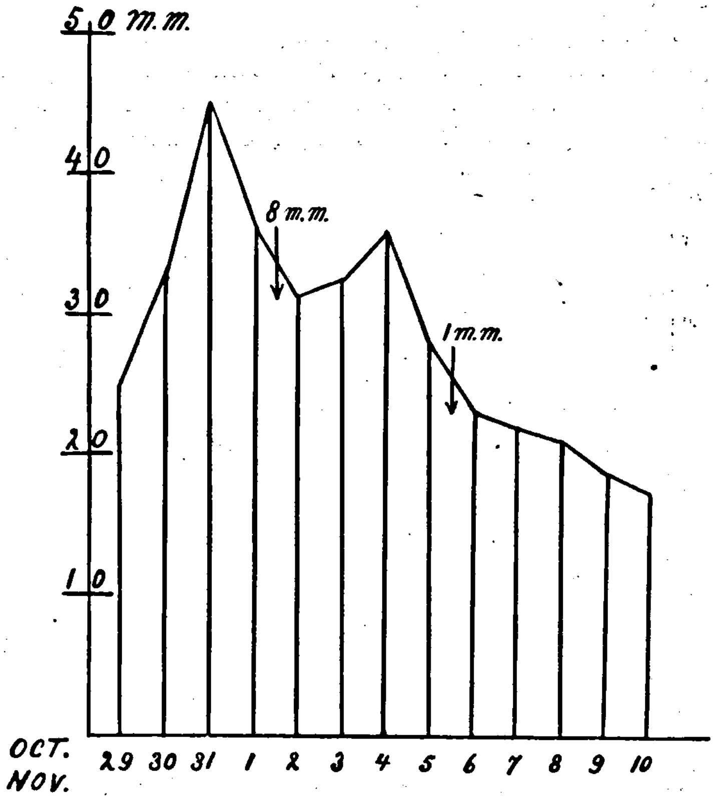


Fig. 5. Der Einflusz der Dekapitation auf das tägliche Wachstum eines Stengels von *A. plumosus*. (Siehe auch Tabelle 7).

auf das Wachstum des Stengels von *A. plumosus* und *A. Sprengeri* untersuchen zu können, sind Messungen verrichtet, an Stengeln, die, nachdem sie zuerst normal gewachsen, dekapitiert sind und wieder einige Tage später

entblättert und ihrer Achselknospen beraubt worden sind.

Tabelle 8 und Fig. 7 zeigen das Resultat täglicher Beobachtungen an einem Stengel von *A. plumosus*, Fig. 8 zeigt das Resultat derartiger Beobachtungen, aber bezieht sich auf einen Stengel von *A. Sprengeri*.

Bei *A. Sprengeri* ist die Messung der einzelnen Stengelglieder unterlassen. Der geringen Länge dieser Glieder wegen, würden die Meszfehler einen groszen Einflusz auf die Genauigkeit der Beobachtungen bekommen.

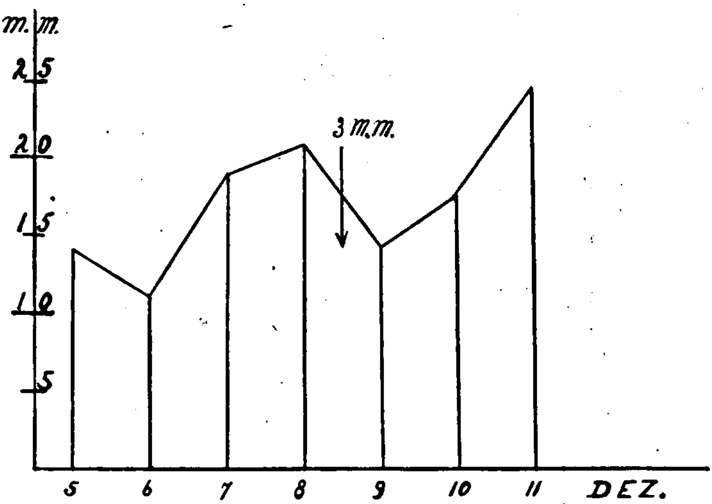


Fig. 6. Der Einflusz der Dekapitation auf das tägliche Wachstum eines Stengels von *A. Sprengeri*.

Das tägliche Wachstum wurde berechnet aus der Differenz in der Totallänge des Stengels bei zwei aufeinanderfolgenden täglichen Messungen.

Aus Tabelle 8 und den Figuren 7 und 8 geht hervor, dasz durch das Entfernen der häutigen Blätter und der Achselknospen das Wachstum fast sofort gehemmt wird. Durch Dekapitation wird das Wachstum wohl verzögert, aber nur, wenn die häutigen Blätter und die Achselknospen

ebenso entfernt werden, nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit beträchtlich ab. Entfernt man denn auch zugleich die Stengelspitze, die häutigen Blätter und die Achselknospen, so sinkt das Wachstum sofort bis einige m.m. täglich herab. um nach einigen Tagen ganz aufzuhören. Dies geht hervor aus Tabelle 9 und Fig. 9.

TABELLE 8.

Tägliches Wachstum eines Stengels von A. plumosus, bis 14 Jan. normal wachsend, nachher dekapitiert und am 18. Jan. ebenfalls entblättert und der Achselknospen beraubt. (Siehe auch Fig. 7).

Datum	Länge der Internodien in m.m.	Tägliches Wachstum in m.m.	Bemerkungen
11 Jan. '30..	17 19 16 7 4 2 Spitze 5.5.		
12 „ '30..	17 19 22 10.5 5.5 3 3 Spitze 4	13.5	
13 „ '30..	17 19 25 15 8 5 4 Spitze 5	14	
14 „ '30..	17 19 26 20 14 8 4 3 Spitze 6	19	Spitze entfernt, lang 2 m.m.
15 „ '30..	17 19 26 22 19 13.5 7 5 2 1 Rest 5	21	
16 „ '30..	17 19 26 24 23 19 11 8 4 3 Rest 5	21.5	
17 „ '30..	17 19 26 24 25 23 17 12 6 3 1 Rest 4	18	
18 „ '30..	17 19 26 24 25 26 22 17 8 4 2 Rest 4	17	Blätter u. Achselknospen entfernt.
19 „ '30..	17 19 26 24 25 26 23 18 9 4 2 Rest 4	3	
20 „ '30..	17 19 26 24 25 26 23 18 10 5 2 Rest 4	2	
21 „ '30..	17 19 26 24 25 26 23 18 11 5 2 Rest 4	1	
22 „ '30..	17 19 26 24 25 26 23 18 11 6 2 Rest 4	1	
23 „ '30..	17 19 26 24 25 26 23 18 11 6 3 Rest 4	1	
24 „ '30..	17 19 26 24 25 26 23 18 11 6 3 Rest 4	0	
25 „ '30..	17 19 26 24 25 26 23 18 11 6 3 Rest 4	0	

Aus den mitgeteilten Beobachtungsresultaten darf gefolgert werden, dasz wenigstens von den Achselknospen und den häutigen Blättern ein wachstumsfördernder Einflusz ausgeht, während der Stengel selbst offenbar keinen Einflusz auf die Streckung hat.

Nach der Entfernung der Endknospe, der Achselknospen

und häutigen Blätter, wächst der Stengel noch ein wenig weiter. Nimmt man mit Cholodny und Went an, dasz das Wachstum unter dem Einflusz bestimmter „Wuchsstoffe" stattfindet, so musz angenommen werden, dasz,

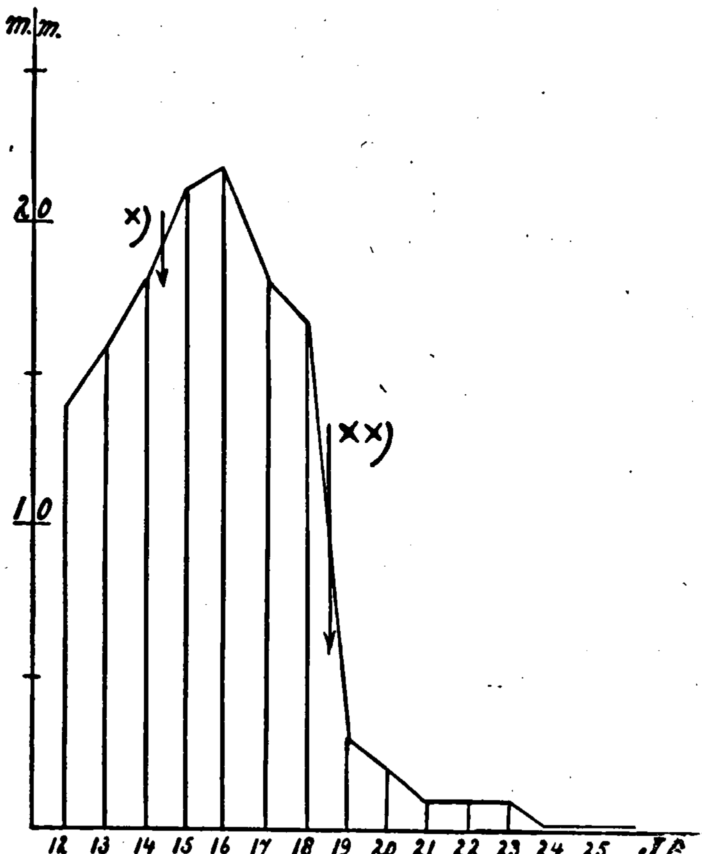


Fig. 7. Tägliches Wachstum eines Stengels von *A. plumosus*, bis 14.Jan. normal wachsend, nachher dekapitiert und am 18. Jan. ebenfalls entblättert und der Achselknospen beraubt. (Siehe auch Tabelle 8).

×) dekapitiert, 2 m.m.

××) Blätter u. Achselknospen entfernt.

nach Entfernung obengenannter Teile, im Stengel noch ein wenig „Wuchsstoff" übriggeblieben sein musz. Nachdem dies verbraucht ist, hört das Wachstum auf.

Es musz nun noch untersucht werden:

a. ob die Achselknospen oder die häutigen Blätter den Einflusz auf das Wachstum ausüben.

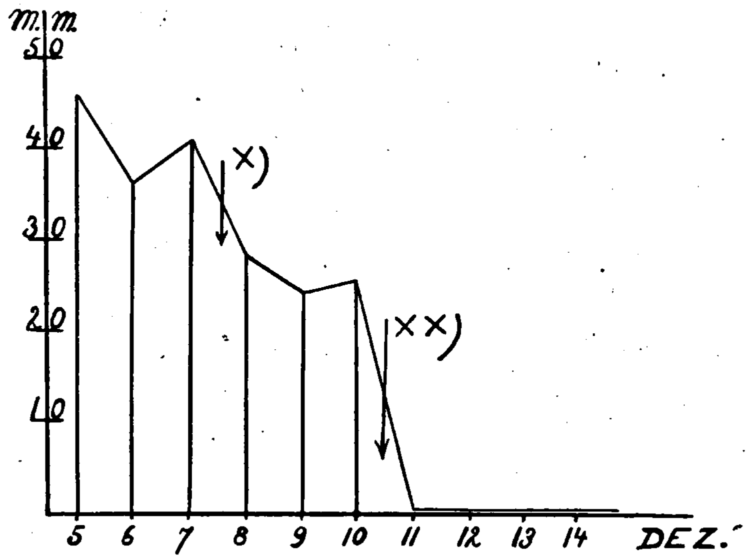


Fig. 8. Tägliches Wachstum eines Stengels von *A. Sprengeri*, bis 7. Jan. normal wachsend, nachher dekapitiert und am 10. Dezember entblättert und der Achselknospen beraubt.

×) dekapitiert, 11 m.m.

××) Blätter u. Achselknospen entfernt.

b. ob die Stengelspitze einigen Einflusz auf das Wachstum ausübt.

Das sub. *a*. Genannte ist schwer zu untersuchen. Entfernt man die häutigen Blätter, so hat dies das Austrocknen der Achselknospen zur Folge. Auch der Gebrauch von Vaselin schien mir weniger wünschenswert. Der Grund davon soll unten deutlich werden. Um doch die häutigen Blätter ent-

TABELLE 9.

Der Einflusz gleichzeitiger Entblätterung, Dekapitierung und Entfernung der Achselknospen auf das tägliche Wachstum eines Stengels von A. plumosus. (Siehe auch Fig. 9).

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelglieder in m.m.	Tägliches Wachstum in m.m.	Bermerkungen
15 Jan. '30	9 12 14 13 7.5 5.5 3.5 2 Spitze 5.5		
16 „ '30	9 12 15 17 12.5 8 5 3 2.5 1 Spitze 6	19	
17 „ '30	9 12 15 18 15.5 11 7.5 4 3 2 Spitze 7	13	
18 „ '30	9 12 15 18 16.5 15 10 7 5 3 2 Sp. 7	15.5	
19 „ '30	9 12 15 18 16.5 17 15 10 7.5 5.5 4 3 2 Sp. 7.5	22.5	
20 „ '30	9 12 15 18 16.5 17 18 16 14 8.5 7 5 3 2.5 Sp. 8	27.5	Dekapitiert, entblättert und Achselknospen entfernt.
21 „ '30	9 12 15 18 16.5 17 18 16 15 9.5 7 5 3 2.5 3	2	
22 „ '30	9 12 15 18 16.5 17 18 16 15 10 8 5 3 2.5 3	1.5	
23 „ '30	9 12 15 18 16.5 17 18 16 15 10 8 5 3 2.5 3	0	
24 „ '30	9 12 15 18 16.5 17 18 16 15 10 8 5 3 2.5 3	0	

fernen zu können, ohne dasz dies Austrocknung der Achselknospen zur Folge haben würde, sind die zu untersuchenden Pflanzen in ein zylinderförmiges, gläsernes Gefäsz gesetzt, das von innen ganz mit feuchtem Löschpapier bekleidet

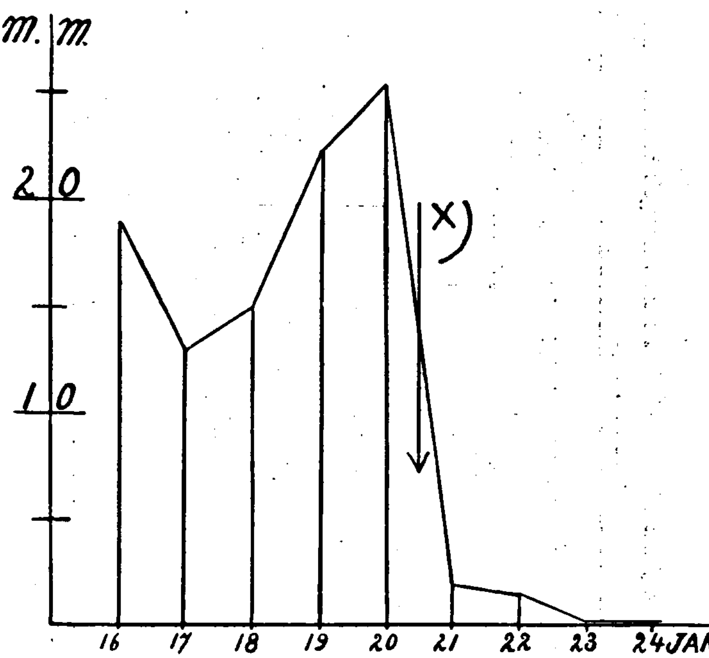


Fig. 9. Der Einflusz gleichzeitiger Entblätterung, Dekapitierung und Entfernung der Achselknospen auf das tägliche Wachstum eines Stengels von *A. plumosus*. (Siehe auch Tabelle 9).
×) Sproszspitze, Achselknospen u. Blätter entfernt.

war. Auszer den häutigen Blättern wurde am Anfang der Beobachtung auch die Endknospe entfernt.

Tabelle 10 und Fig. 10 zeigen deutlich, dasz das Wachstum weiter geht wenn nur die Achselknospen sitzen bleiben und die häutigen Blätter entfernt sind.

Das obere Stengelglied war am 2. Februar so klein, dasz es nicht einzeln gemessen werden konnte. Die Länge des

TABELLE 10.

Der Einflusz der Achselknospen auf das tägliche Wachstum eines Stengels von A. plumosus. (Siehe auch Fig. 10).

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelglieder in m.m.	Tägliches Wachstum in m.m.	Bemerkungen
2 Febr. '30...	14 21 24 23 13 6 3 2 1 1		Endknospe u. häutige Blätter entfernt.
3 „ '30...	14 21 24 23.5 17 7.5 5 3 2 1	10	
4 „ '30...	14 21 24 24 22.5 13.5 6.5 4 3 1.5	16	
5 „ '30...	14 21 24 24 23 18 10 6 4.5 2.5	13	
6 „ '30...	14 21 24 24 23 19.5 14 8.5 6 3 1	10	
7 „ '30...	14 21 24 24 23 19.5 18.5 13 8 5 1	13	
8 „ '30...	14 21 24 24 23 19.5 19.5 15 11 7 1.5	8.5	
9 „ '30...	14 21 24 24 23 19.5 20 20 15.5 9 2	12.5	Die Achselknospen über den Stengelgliedern 20, 15.5 u. 9 wachsen aus.
10 „ '30...	14 21 24 24 23 19.5 20.5 21.5 21 14 3	13.5	
11 „ '30...	14 21 24 24 23 19.5 20.5 21.5 22 19.5 3.5	7	

Stengelgliedes, das in Tabelle 10 bis 6. Februar als das Obere des Stengelstumpfes angedeutet wird, ist also eigentlich die Summe der Länge des oberen und des zweitletzten oberen Stengelgliedes. Nach dem 6. Februar sind diese zwei Stengelglieder einzeln gemessen worden. Da der Gipfel fehlte, war zu erwarten, dasz nach einigen Tagen das Wachstum abnehmen würde, weil der Stengel allmählich auswächst. Doch war eine Wachstumsbeschleunigung zu beobachten am 9. und 10. Februar. Diese Wachstums-

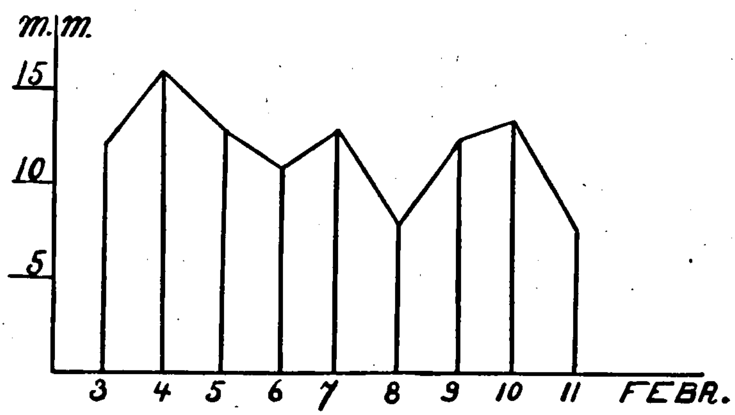


Fig. 10. Das tägliche Wachstum eines Stengels von *A. plumosus*, deren Endknospe und häutige Blätter entfernt worden sind. (Siehe auch Tabelle 10).

beschleunigung ist sehr wahrscheinlich eine Folge des Auswachsens der Achselknospen über den Gliedern, die am 9. Februar resp. 20, 15.5 und 9 m.m. lang waren. Die äuszern Umstände, wie die Luftfeuchtigkeit, die Temperatur und die Beleuchtung waren an diesen Tagen fast konstant.

Tabelle 11 zeigt die Temperatur, wie diese mittels eines Maximum- und Minimumthermometers kontrolliert worden ist, am Standort der Versuchspflanzen.

TABELLE 11.

Temperatur, wobei der in Tabelle 10 genannte Stengel von A. plumosus gezüchtet wurde, in ° C.

Datum	Minimumtemp.	Temp. um 2.30 n.m.	Maximum-temp.
2— 3 Febr.	12.5	19.5	22
3— 4 „	14	17	21
4— 5 „	14	19	22.5
5— 6 „	13	17	21
6 —7 „	13.5	18	19
7— 8 „	15	20	23
8— 9 „	13	18.5	21.5
9—10 „	13.5	20	20.5
10—11 „	13.5	21	22.5

Schon früher ist gezeigt worden, dasz bei einem Stengel, dessen Endknospe, Achselknospen und häutige Blätter entfernt worden sind, das Wachstum gehemmt ist. Wir dürfen denn auch aus der Tatsache, dasz bei der Anwesenheit der Achselknospen das Wachstum fortdauert, schlieszen, *dasz die Achselknospen einen Einflusz auf das Wachstum ausüben.*

Um zu untersuchen, ob die häutigen Blätter einigen Einflusz auf das Wachstum ausüben, wird es erforderlich sein, dem Wachstum eines Stengels nachzuforschen, dessen Endknospe und Achselknospen entfernt worden sind. Das Entfernen der Achselknospen ohne zugleich die häutigen Blätter zu entfernen, ist nur ausführbar bei Stengeln, die soweit mit ihrem Wachstum vorgeschritten sind, dasz die Achselknospen der häutigen Blätter anfangen auszuwachsen. Auch für diesen Versuch ist es erwünscht, dasz die Versuchspflanze in eine feuchte Umgebung gestellt wird.

Tabelle 12 und Fig. 11 zeigen den Verlauf des Wachstums nach Entfernung der genannten Endknospe und der Achselknospen.

TABELLE 12.

Der Einflusz der häutigen Blätter auf das tägliche Wachstum eines Stengels von A. plumosus. (Siehe auch Fig. 11).

Datum	Länge der Stengelglieder in m.m.											Tägliches Wachstum in m.m.	Bemerkungen
11 Febr. '30	18.5	18	19	18.5	17	10	6.5	5	3	2.5	1.5		Achselknospen u. Endknospe entfernt.
12 „ '30	18.5	18	19	19	18	12	9	6	5	4	3	12	
13 „ '30	18.5	18	19	19	18	13	10.5	8.5	7	6	4	10	
14 „ '30	18.5	18	19	19	18	13	11	8.5	8	7	5	3.5	
15 „ '30	18.5	18	19	19	18	13	11	9	8	8	5.5	2	
16 „ '30	18.5	18	19	19	18	13	11	9	8	8	5.5	0	
17 „ '30	18.5	18	19	19	18	13	11	9	8	8	5.5	0	

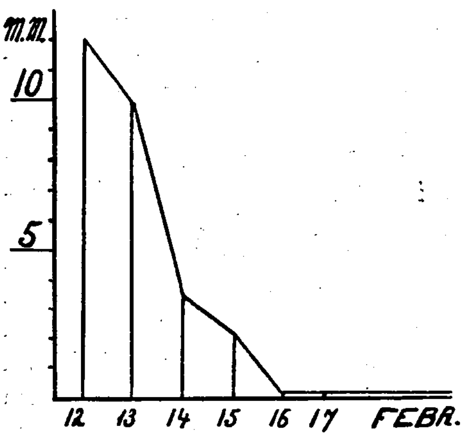


Fig. 11. Das tägliche Wachstum eines Stengels von *A. plumosus* deren Endknospe und Achselknospen am 11. Februar entfernt worden sind, indem die häutigen Blätter am Stengel geblieben sind.

Wie aus Tabelle 12 und Fig. 11 hervor geht, hat das Entfernen von Achselknospen und Endknospe nach einigen Tagen Stillstand des Wachstums zur Folge. Die häutigen Blätter sind nicht im Stande das Wachstum fortdauern zu lassen. Sie haben keinen Einflusz auf das Wachstum.

Die Wachstumshemmung, die die Folge ist von dem Entfernen häutiger Blätter und der Achselknospen, musz also den Achselknospen zugeschrieben werden.

Dasz schon die Anwesenheit einiger Achselknospen die Streckung des Stengels beeinflussen kann, geht hervor aus Wahrnehmungen, wobei, wie ich glaubte, der Gipfel entfernt und der Stengel von den häutigen Blättern und den Achselknospen befreit worden war. Meiner Erwartung entgegen wuchs der Stengel immer fort. Die oberen Glieder Streckten sich und nun zeigte sich, dasz an der Spitze noch zwei Achselknospen, umhüllt von häutigen Blättchen, anwesend waren. Die Streckung der entblätterten Stengelglieder war nicht vollständig. Dadurch unterscheiden sich die Glieder, über denen die genannten Achselknospen sitzen geblieben waren, günstig von den anderen Gliedern, wie aus Tabelle 13 hervorgeht.

Nachdem also klar gelegt ist, dasz die Achselknospen Einflusz auf das Wachstum haben, soll noch untersucht werden, ob dies auch der Fall ist mit der Endknospe. Aus dem Sinken der Wachstumsgeschwindigkeit nach Dekapitation könnte auf einen Einflusz der Endknospe geschlossen werden. Dennoch ist noch versucht worden, einen Einflusz der Spitze auf das Wachstum zeigen zu können. Die für diese Beobachtung bestimmten Stengel wurden bis unmittelbar unter die Spitze von häutigen Blättern und Achselknospen befreit. Die Wundflächen wurden mit ein wenig Vaselin angetupft. Dies ist besonders wichtig bei den jüngeren Stengelteilen, die ohne dieses Antupfen mit Vaselin ausgetrocknet wären. Bei dieser Behandlung mit Vaselin musz darauf geachtet werden, dasz nur die Wundflächen mit diesem Stoffe behandelt werden und nicht die ganze Spitze. Geschieht dies aber doch, so wächst der betreffende Stengel nicht weiter.

Tabelle 14 zeigt das tägliche Wachstum eines derartigen Stengels om *A. plumosus*, der bis 6 m.m. unter die Spitze von allen Achselknospen und häutigen Blättern befreit worden war.

TABELLE 13.

Wachstum eines dekapitierten und seiner Achselknospen beraubten Stengels von A. plumosus, wobei am Ende noch 2 Achselknospen sitzen geblieben waren.

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelglieder in m.m.	Tägliches Wachstum in m.m.	Bemerkungen
15 Jan. '30 .	11.5 16 15 17 10 5.5 3 2.5 Spitze 5		
16 „ '30 .	11.5 16 15 19 17 10.5 6 3 2.5 1.5 Spitze 5.5	22	Spitze entfernt, 2 m.m.
17 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 14 8 4 3 2 Rest 4.5	10	Entblättert und der Achselknospen beraubt.
18 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 15 9 6 4 2 Rest 4.5	5	
19 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 12 7.5 6 3 Rest 5		
20 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 15 9 8 4 2.5 Rest 5	10.5	
21 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 10 5 3.5 Rest 5	7	
22 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 14 7.5 4 Rest 5	7	An der Spitze blieben noch einige Blätter sitzen, die infolge weiteren Wachstums besser sichtbar geworden sind.
23 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 15.5 9.5 6 Rest 6	6.5	
24 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 12.5 8 Rest 8	7.5	
25 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 11 6 Rest 5	7.5	
26 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 13.5 10 Rest 8.5	10	
27 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 12.5 6 Rest 6	6.5	
28 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 15 9 5.5 Rest 4	9	
29 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 16 14 9 Rest 5.5	11	
30 „ '30 .	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 16 19 16 6 3	15.5	Die Achselknospen über den Stengelgliedern 19 u. 16 wachsen aus.
31 „ '30	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 16 19 22 6 3	6	
1 Febr. '30	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 16 19 25 7 3	4	
2 „ '30	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 16 19 26 9 3	3	
3 „ '30	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 16 19 26 10 3	1	
4 „ '30	11.5 16 15 19 18.5 17.5 16 11 16 14 14 16 19 26 10 3	0	

Tabelle 14 zeigt, dasz die Entfernung der Achselknospen und häutigen Blätter nur zeitweilig die Wachstumsgeschwindigkeit hemmt. *Die Endknospe hat also einen wichtigen Einflusz auf das Stengelwachstum.* Teilweise ist dies

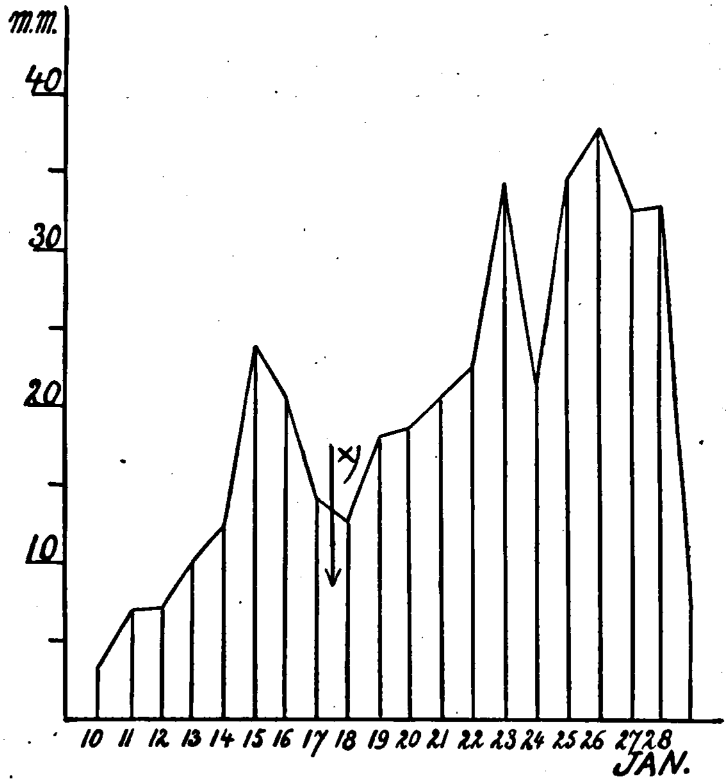


Fig. 12. Tägliches Wachstum eines Stengels von *A. plumosus*, der am 17. Januar bis 6 m.m. von der Spitze von Achselknospen und häutigen Blättern befreit wurde. (Siehe auch Tabelle 14).
×) Blätter u. Achselknospen entfernt.

die Folge der Wirkung des Vegetationspunktes, wodurch immer neue Stengelteile gebildet werden, die sich nachher Strecken. Dies ist aber nicht die einzige Ursache des fort-

TABELLE 14.*

Tägliches Wachstum eines Stengels von A. plumosus, der am 17. Januar bis 6 m.m. unter die Spitze von seinen Achselknospen und häutigen Blättern befreit wurde. (Siehe auch Figur 12).

Datum in 1930	Länge der aufeinanderfolgenden Stengelglieder, in m.m.																				Tägliches Wachstum in m.m.	Bemerkungen
9 Jan. ..	8	3.5	Spitze 5																			
10 „ ..	9	5	2	Sp. 4																	3.5	
11 „ ..	11	8	3.5	Sp. 4.5																	7	
12 „ ..	12	11	5	2	1	Sp. 3.5															7.5	
13 „ ..	12	15	7.5	3	2	Sp. 5															10	
14 „ ..	12	17	13	5	3	2	Sp. 5														12.5	
15 „ ..	12	18	21	11.5	7	3	2	1	Sp. 5.5												24	
16 „ ..	12	18	22	18.5	12.5	6	3.5	2	1	Sp. 6											20.5	
17 „ ..	12	18	22	20	18	9	6	3	2.5	1.5	Sp. 6										16	Stengel bis 6 m.m. unter die Spitze von Achselknospen und häutigen Blättern befreit.
18 „ ..	12	18	22	20	22	12	7	4	3	2	Sp. 8										12.5	
19 „ ..	12	18	22	20	23	17.5	12	6	4	3	2	Sp. 9									18	
20 „ ..	12	18	22	20	23	21	18	9	7	4.5	3	2.5	Sp. 8								19	
21 „ ..	12	18	22	20	23	21	21	15	10.5	7	5	4	Sp. 12								22.5	
22 „ ..	12	18	22	20	23	21	21.5	18.5	16	11	8	7	5	3.5	Sp. 7						23	Infolge des Weiterwachsens des Stengels zeigt sich nun (22 Januar) dasz sich über den Gliedern, lang 8, 7 u. 5 m.m. Blätter und Achselknospen befinden.
23 „ ..	12	18	22	20	23	21	21.5	18.5	18.5	16	15	12.5	9	6.5	5	2	Sp. 7.5				34.5	
24 „ ..	12	18	22	20	23	21	21.5	18.5	18.5	16.5	19	19	14	10	7.5	4	3	Sp. 6			25.5	
25 „ ..	12	18	22	20	23	21	21.5	18.5	18.5	16.5	19.5	23	22	18	15	7.5	5	2.5	Sp. 8		38	
26 „ ..	12	18	22	20	23	21	21.5	18.5	18.5	16.5	19.5	23	22.5	25	24	12	9	5	3	Sp. 10	32.5	
27 „ ..	12	18	22	20	23	21	21.5	18.5	18.5	16.5	19.5	23	22.5	25	26	20	17	10	6	Sp. 17	33	
28 „ ..	12	18	22	20	23	21	21.5	18.5	18.5	16.5	19.5	23	22.5	25	26	20	19	12	8.5	Sp. 17	6.5	Der Stengel ist ausgewachsen.

dauernden Wachstums. Die Stengelteile, die am 17. Januar schon in Streckung verkehrten, streckten sich weiter. Dadurch konnte der Stengelteil, der am 17. Januar eine Länge von 2 m.m. hatte, die Länge von 18.5 m.m. erreichen. Doch erfahren diese sich noch in Streckung befindenden Stengelteile den Einflusz des Entfernens der Achselknospen. Vergleicht man die Länge der aufeinaderfolgenden Stengelteile am 28. Januar, so findet man hier nicht die allmähliche Ansteigung in Länge bis an ein Maximum und nachher eine Abnahme der Länge, wie dies bei einem normalen Stengel der Fall sein würde (Siehe Tabelle 14). Über dem Stengelglied, das am 28. Januar 19.5 m.m. lang war, befand sich ein häutiges Blatt mit einer Knospe in der Achsel. Auch alle höher am Stengel sitzenden häutigen Blätter hatten eine Achselknospe. Es ist auffallend, dasz das erste Stengelglied, über dem die Achselknospe nicht entfernt worden ist, sofort die Streckung fortsetzt.

Fig. 12 gibt eine graphische Vorstellung des täglichen Wachstums des in Tabelle 14 genannten Stengels.

3. Kurze Zusammenfassung.

1. Die Wachstumsgeschwindigkeit im wachsenden Teile des Stengels von *A. plumosus* und *A. Sprengeri* steigt regelmäszig von unten nach oben, bis an ein Maximum und nimmt weiter nach oben wieder ab.
2. Mittels der Wachstumsmessungen an dekapitierten Stengeln ist gezeigt worden, dasz die Spitze auf die Streckung der Stengelglieder keinen überwiegenden Einflusz ausübt, sei es auch, dasz ein geringer, zeitweiliger Einflusz der Dekapitation merkbar ist.
3. Stengel, deren Achselknospen und Endknospe entfernt worden sind, wachsen nicht weiter. Der Stengel hat also selbst keinen Einflusz auf die Streckung des Stengels.
4. Durch Entfernung der häutigen Blätter und der Achsel-

knospen ist es möglich einen Einflusz auf das Wachstum auszuüben.

5. Dieser Einflusz auf das Wachstum wird nicht von den häutigen Blättern verursacht, sondern von den Achselknospen.
6. Auch die Endknospe spielt beim Stengelwachstum eine wichtige, aber keine überwiegende Rolle. Dies geht hervor aus dem Einflusz, den die Endknospe auf die Streckung der Stengelglieder hat über denen die Achselknospen entfernt worden sind.
7. Das Endresultat dieser Untersuchungen ist also, dasz das Wachstum des Stengels von *A. plumosus* und *A. Sprengeri* unter dem Einflusz der Endknospe und der Achselknospen statt findet.

KAPITEL II.

DER EINFLUSZ DER ENDKNOSPE UND DER ACHSELKNOSPEN AUF DIE ZELLSTRECKUNG UND DIE ZELLTEILUNG.

1. Fragestellung und Methode.

Die in diesem Kapitel mitzuteilenden Zellmessungen sind gemacht worden, um eine bessere Einsicht zu bekommen in die Weise, wie das Stengelwachstum von den im vorigen Kapitel mitgeteilten Operationen beinfluszt wird.

Diese Beeinflussung könnte sich erstrecken:

a. auf die Zellstreckung,
b. auf die Zellteilung.

Um dies untersuchen zu können, sind sehr zahlreiche Zellmessungen verrichtet worden. Hauptsächlich sind hierfür Epidermisstreifen gebraucht worden. Diese wurden in der Längsrichtung vom Stengel abgezogen und unter dem Mikroskop gemessen. Für diese Messungen wurde ein Kreuztisch gebraucht. Von jedem Streifen wurden mindestens 50 Zellen, aber meistens mehr als 100 Zellen gemessen. Diese Zellen bildeten zusammen eine Zellreihe, was für die

Genauigkeit der Messung sehr förderlich war. Bei jeder Messung wurde bei der Ablesung auf dem Nonius am Anfang und am Ende der Messung einer Zellreihe ein Fehler gemacht. Dieser Fehler betrug höchstens 100 μ in positivem oder negativem Sinne.

Beispiel:

a. Gemessene Zellenzahl = 100, totale Länge des Streifens = 5500 μ ± 100 μ, durchschnittliche Zellenlänge 55 μ ± 1 μ.

b. Gemessene Zellenzahl = 64, totale Länge des Streifens = 7250 μ ± 100 μ, durchschnittliche Zellenlänge 112 μ ± 1.6 μ.

Die Epidermisstreifen sind stets aus der Mitte des Internodiums genommen worden. Da es möglich sein könnte, dasz die durchschnittliche Zellenlänge sich an der Oben- und Unterseite des Internodiums änderte, ist im voraus das Gegenteil durch Messungen bestimmt worden. Hierfür wurden nicht nur Zellstreifen gemessen aus der Mitte des Internodiums, sondern auch Streifen, die zwei angrenzenden Internodien gehörten.

Tabelle 15 gibt die Resultate dieser Messungen bei den aufeinanderfolgenden Internodien eines Stengels.

Aus Tabelle 15 geht hervor, dasz es bei den unteren Internodien eines Stengels keinen Unterschied gibt in durchschnittlicher Länge der Zellen zwischen dem mittleren Teile und der unteren oder oberen Seite eines Internodiums.

Dort wo im Stengel die Zunahme der durchschnittlichen Länge der Zellen anfängt, findet man auch einen Unterschied in der durchschnittlichen Länge der Zellen der Unterseite, der Mitte und der Oberseite eines Internodiums. In dieser Zunahme findet man aber eine grosze Regelmäszigkeit. Hieraus geht aufs neue hervor, dasz man den Stengel von *A. plumosus* als ein Ganzes betrachten musz. Der gefundene Durchschnittswert der Zellenlänge des mittleren

TABELLE 15.

Durchschnittliche Zellenlänge im unteren, mittleren und oberen Teile der aufeinanderfolgenden Internodien eines Stengels von A. plumosus.

Länge der aufeinanderfolgenden Internodien in m.m.	13.5			18			19			19			20			21			22.5			23.5			26			28		
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o
Durchschnittliche Zellenlänge in μ		47	50	49	49	48	50	47	49	49	47	48	50	47	48	49	49	48	50	48	47	49	52	54	70	68	74	76	81	88

Länge der aufeinanderfolgenden Internodien in m.m.	29			25			24.5			21			22			15			17			12			11			9		
	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o
Durchschnittliche Zellenlänge in μ	86	87	88	89	87	87	92	96	98	104	108	111	120	134	146	150	155	158	165	169	185	196	200	205	200	195	195	189		

Teiles eines Internodiums vertritt also ungefähr die mittlere Zellenlänge des ganzen Internodiums. Für diese Messungen sind ausschlieszlich Stengel von *A. plumosus* gebraucht worden, die im voraus während midenstens 14 Tagen in Alkohol von 85 % fixiert worden sind.

2. Der Zusammenhang zwischen der Länge der Internodien und der Anzahl der Zellen per Internodium, bei einem ausgewachsenen Stengel von A. plumosus.

Um aus Zellmessungen bei dekapitierten und der Achselknospen beraubten Stengeln etwas schlieszen zu können in Bezug auf den Einflusz, den die Dekapitation und das Entfernen der Achselknospen auf die Zellstreckung und die Zellteilung hat, musz man über Angaben verfügen können, die Beziehung haben auf die Zellstreckung und Zellteilung normaler Stengel.

Im Kapitel I ist in vielen Tabellen die Länge angegeben worden, die jedes Stengelglied an aufeinanderfolgenden Tagen erreicht hatte. In wieweit besteht nun ein Zusammenhang zwischen der Zellstreckung und der Länge des betreffenden Stengelgliedes? Ist eine grosze Länge des Stengelgliedes auch verbunden mit einer gröszeren durchschnittlichen Länge der Zellen, aus denen dieses Stengelglied gebildet wird?

In der Literatur findet man in dieser Richtung Beobachtungen von J. W. Moll, der sich stütz auf Untersuchungen von P. Hartig. Hauptsächlich hat Moll Zellmessungen getan an der Epidermis, der Rinde und dem Mark der Jahrestriebe verschiedener Bäume, wie *Sambucus niger*, *Aesculus Hypocastanum* und *Acer Pseudoplatanus*. Er kommt zu der folgenden Schluszfolgerung: *„die Längeperiode der Internodien ist verbunden mit einem beträchtlichen Unterschied in Zellenzahl, derartig, dasz ein längeres Internodium aus viel mehr Zellen besteht als ein kürzeres. Dagegen sind die Zellen*

in allen Internodien des Jahrestriebes ungefähr gleich grosz, oder besser, sie zeigen Unterschiede, die in Hinsicht auf ihren Unterschied in Zahl sehr gering zu nennen sind."

Es lag auf der Hand zu untersuchen ob diese Schluszfolgerung auch zutrifft für Stengel von *A. plumosus.* Tabelle 16 gibt von 3 Stengeln von *A. plumosus* die Länge verschiedener Internodien in m.m., die durchschnittliche Zellenlänge der Epidermiszellen in μ und hieraus berechnet die Anzahl Epidermiszellen per Internodium.

Aus der Vergleichung der 3 Stengel untereinander geht hervor, dasz beträchtliche Unterschiede bestehen betreffs der durchschnittlichen Zellenlänge bei Internodien, die zwar derselbe Länge haben, aber zwei verschiedenen Stengeln gehören. Die zu vergleichenden Internodien sollen ungefähr dieselbe Stelle im Stengel einnehmen, also nicht das Eine unten und das Andere oben im Stengel.

Betrachten wir jeden Stengel für sich, so sehen wir, dasz es in den unteren Internodien fast keine Unterschiede in der Zellenlänge gibt. Die wenigen Unregelmäszigkeiten können den nicht immer gleichen äuszeren Umständen zugeschrieben werden. Hier besteht also ein direkter Zusammenhang zwischen der Länge der Internodien und der Zellenzahl per Internodium, wie Moll dies gefunden hat. Dieser Zusammenhang trifft nicht zu für die höheren Internodien. Wir sehen hier eine allmähliche Zunahme der durchschnittlichen Zellenlänge. Diese Zunahme der durchschnittlichen Zellenlänge wird nicht begleitet von einer verhältnismäszigen Verlängerung des betreffenden Internodiums.

Die Auffassung Molls trifft also für den Stengel von *A. plumosus* nicht zu, wenigstens nicht bei der Epidermis. Moll gründet seine Auffassung aber nicht auf Stengel von Monokotylen mit begrenztem Wachstum.

Obwohl für die meisten Untersuchungen Epidermiszellen

TABELLE 16.

Die durchschnittliche Zellenlänge und die Zellenzahl der Epidermis der aufeinanderfolgenden Internodien bei einigen ausgewachsenen Stengeln von A. plumosus.

I			II			III		
Länge der Internodien in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge in μ	Zellenzahl des Internodiums	Länge der Internodien in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge in μ	Zellenzahl des Internodiums	Länge der Internodien in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge in μ	Zellenzahl des Internodiums
16	63	253	11	73	151	16	46	348
23	62	369	17.5	73	240	20	45	444
27	67	401	21.5	69	312	26	49	531
29	60	483	21	68	310	24	48	500
26.5	63	430	23.5	78	314	25	46	577
31	59	527	25	110	227	24	46	522
26	55	473	27	125	216	25.5	45	554
31	57	542	29	141	206	25	40	625
30	64	470	27.5	161	171	27	41	657
29.5	64	462	29	141	206	27.5	41	670
30	68	441	25	158	160	30	40	750
28	75	375	25	182	137	31	44	704
26	85	305	23.5	210	112	40	41.5	963
26	111	234	24	205	117	47.5	57	833
24	107	225	16	200	80	53	56	946
21	112	197	11	180	61	50	72	700
17	133	120	Spitze	nicht		56	88	637
15	160	94	22	gemes-		50	114	439
12	223	38		sen		50	110	454
9	214	42				43	96	447
8	231	34				38	104	365
7	210	33				20	nicht	
5	nicht					14	gemes-	
5	gemes-					9	sen	
4	sen					5		
3						Spitze		
2						16		
2								
Spitze								
12								

benützt worden sind, sind auch einige Messungen an Markzellen verrichtet worden. Diese haben eine beträchtlich gröszere Länge. Dadurch war es sehr schwer Längsschnitte zu bekommen, wobei mehrere Markzellen in ihrer ganzen Länge getroffen wurden. Es war mir denn auch nicht möglich, mehr als drei Markzellen hinter einander zu messen. Die Messungsfehler wurden hierdurch beträchtlich gröszer.

Weiter ist für jeden Stengel nur die durchschnittliche Zellenlänge eines Internodiums des unteren und eines Internodium des oberen Stengelteiles gemessen worden. Tabelle 17 zeigt einige diesbezügliche Angaben bei drei verschiedenen Stengeln.

TABELLE 17.

Durchschnittliche Länge der Epidermiszellen und Markzellen bei Internodien unten und oben aus einigen Stengeln von A. plumosus.

Stengel No.	Länge der Internodien in m.m.	Durchschnittliche Länge der Epidermiszellen in μ	Durchschnittliche Länge der Markzellen in μ	Bemerkungen
1	15	65	300	unten aus dem Stengel
	10	108	460	oben „ „ „
2	11	74	210	unten „ „ „
	13.5	128	295	oben „ „ „
3	18	70	245	unten „ „ „
	29	132	310	oben „ „ „

Obwohl diese Angaben durch die gemachten Ungenauigkeiten beim Messen nur relativen Wert haben, glaube ich doch, dasz sie zeigen, dasz die Zunahme der durchschnittlichen Länge in den höheren Internodien, sich nicht auf die Epidermis beschränkt.

3. Der Anteil der Zellstreckung und Zellteilung im Wachstum des Stengels von A. plumosus.

Weil das Wachstum eines Stengels durch Zellstreckung und Zellteilung verursacht werden kann, musz untersucht werden, in welcher Entfernung der Spitze noch Zellteilung stattfindet. Beschränkt man sich auf junge Stengel, von denen nur einige Glieder ausgewachsen sind, so darf man auf Grund obengenannter Messungen folgern, dasz die Zellenzahl hier der Länge der Internodien proportional ist und die durchschnittliche Zellenlänge dieser Internodien nur geringe Unterschiede zeigen wird.

Beruht nun das Wachstum eines Stengelteiles dieses noch kurzen Stengels auf Zellteilung, so ist die vollständige Zellenzahl noch nicht da. Wenn man die Länge des betreffenden Stengelgliedes in diesem Augenblick mit der durchschnittlichen Zellenlänge im selben Augenblick dividiert, bekommt man die Zellenzahl, aus der dieses Stengelglied in der Längsrichtung aufgebaut ist. Wenn die so gefundene Zellenzahl ungefähr mit der Zahl des oberen ausgewachsenen Stengelgliedes stimmt, darf man schlieszen, dasz hier die Zellteilung zum Abschlusz gekommen ist. Die Verlängerung dieses Stengelgliedes beruht in diesem Fall nur auf Zellstreckung. Findet man aber einen beträchtlichen Unterschied zwischen der auf obige Weise gefundenen Zellenzahl des wachsenden Stengelgliedes und dem oberen ausgewachsenen Stengelgliede, so darf man schlieszen, dasz die Zellteilung noch statt findet.

Für diese Messungen sind junge Stengel gebraucht worden, weil bei weiterentwickelten Stengeln, in den wachsenden Teilen, die Länge der Stengel der Zellenzahl nicht mehr proportional ist. Bei den wachsenden Stengeln, die untersucht worden sind, waren höchstens 10 Internodien ausgewachsen. Tabelle 18 zeigt die Messungsresultate bei 2 derartigen Stengeln von *A. plumosus.*

TABELLE 18.

Die durchschnittliche Zellenlänge und die Zellenzahl der Epidermis der aufeinanderfolgenden Internodien bei einigen wachsenden Stengeln von A. plumosus.

I			II		
Länge der Internodien in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge in μ	Zellenzahl des Internodiums	Länge der Internodien in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge in μ	Zellenzahl des Internodiums.
14	105	133	20	119	168
19	111	171	23.5	143	164
18	111	162	22	135	162
11	78	141	19	114	167
7	42	166	17	104	163
5	31	161	17	104	163
3	19	158	15.5	100	155
1.75 } 2.65	13.4	131	14	84	166
0.9 }					
1.60	13.4	118	8.5	53	160
0.7 }					
0.30 } 3.25	13.1	23	5	33	151
0.20 }	13.3	15	2.2	25	88
0.10 }	12.9	8	1.25	17	65
0.45 (mehrere Internod.)	13.3	?	0.8	13.8	58
1.5 ×)			0.4 (mehrere Internod.)	13.4	

×) Bemerkung: Über dem Gipfel ragen die Blätter noch 1.5 m.m. hervor.

Aus Tabelle 18 geht hervor, dasz schon in verhältnismäszig kurzer Entfernung vom Gipfel des Vegetationspunktes die Zellteilung aufgehört hat. Beim ersten Stengel ist die Spitze in zwei Hälften zerteilt worden. Die untere Hälfte war 2.65 m.m., die obere 3.25 m.m. lang. Die Stengelglieder waren hierbei mit dem bloszen Auge nicht zu messen. Auszer der durchschnittlichen Zellenlänge wurde auch

die Länge der oberen Internodien mittels des Mikroskops bestimmt. Dies war auch beim zweiten Stengel der Fall.

Beim ersten Stengel wurde die Epidermis der Ausgewachsenen Stengelglieder in der Längsrichtung aus ± 160 Zellen gebildet. Das erste Stengelglied, das beträchtlich von dieser Zahl abwich, war das 1.75 m.m. lange Stengelglied. Bei diesem Stengelgliede war also die Zellteilung noch nicht ganz beendet. Annähernd darf also gesagt werden, dasz beim ersten Stengel die Zellteilung auf ± 6 m.m. unter der Spitze beendet war. Beim zweiten Stengel war die Epidermis des 2.2 m.m. langen Stengelgliedes aus beträchtlich weniger Zellen zusammengesetzt, woraus geschlossen werden darf, dasz hier die Zellteilung noch nicht beendet war. Auch beim zweiten Stengel war also auf ± 6 m.m. unter der Spitze die Zellteilung beendet.

Unter „Spitze" wird nicht verstanden der Gipfel des Vegetationspunktes, sondern der obere Teil des Stengels, der gebildet wird von den jungen blätterartigen Teilen, die den Vegetationspunkt umschlieszen. Dieser Punkt ist nämlich auch bei den gewöhlichen Stengelmessungen als höchster Punkt angenommen worden. Auszer diesen Stengeln sind mit demselben Resultate noch drei gemessen worden.

Beim Stengel von A. plumosus ist also auf ± 6 m.m. unter dem Gipfel die Zellteilung beendet und beruht der weitere Wachstum nur auf Zellstreckung.

4. Der Einflusz der Achselknospen auf die Zellstreckung und Zellteilung des Stengels von A. plumosus.

In Kapitel I, 2 haben wir den Einflusz kennen gelernt, den das Entfernen der Achselknospen auf das Wachstum des Stengels hat. Es stellte sich heraus, dasz beim Entfernen der Achselknospen die Endknospe wohl imstande war, das Wachstum fortzusetzen, aber die schon in Streckung be-

griffenen Stengelteile erreichten nicht die normale Länge. Diese letzte Folgerung war möglich, indem die Länge der aufeinanderfolgenden Internodien bei einem normalen Stengel verglichen wurde mit der eines Stengels, dessen Achselknospen entfernt worden waren.

Aus dem vorhin Mitgeteilten hinsichtlich der Länge des noch in Zellstreckung begriffenen Stengelstückes könnte gefolgert werden, dasz die Stengelglieder infolge geringer Zellstreckung kürzer geblieben seien. Dasz dies wirklich der Grund ist, zeigt uns Tabelle 19.

Die Zellenzahl, woraus die Epidermis in der Länge aufgebaut war, ist vom Entfernen der Achselknospen nicht beeinfluszt worden. Der Rückgang der Zellenzahl per Stengelglied ist keine Folge der Entblätterung. Ein allmählicher Rückgang der Zellenzahl per Stengelglied findet in allen höher am Stengel sitzenden Gliedern statt, wie deutlich hervorgeht aus den Zellmessungen an normalen, ausgewachsenen Stengeln (Siehe Tabelle 16).

Da die Stengelspitze über dem der Achselknospen beraubten Stengelteile weitergewachsen ist, besitzen die oberen Stengelteile noch Achselknospen und häutige Blätter. Die Stelle, wo sich die Unterste dieser Achselknospen befindet, ist in der Tabelle mit A angedeutet.

Aus den in Tabelle 19 mitgeteilten Tatsachen darf gefolgert werden, dasz die Achselknospen einen Einflusz auf die Zellstreckung ausüben.

Einen einigermassen anderen Verlauf hat das Wachstum des Stengels, wobei das Entfernen der Achselknospen weiter geht als bis 6 m.m. unter der Spitze. Das tägliche Wachstum eines derartigen Stengels würde, in einer Graphik dargestellt, demjenigen des in Fig. 12 angedeuteten Stengels entsprechen.

Anscheinend gibt es also kein Unterschied mit einem Stengel, deren Achselknospen bis 6 m.m. von der Spitze entfernt sind. Dennoch gibt es einen wichtigen Unter-

TABELLE 19.

Der Einflusz des Entfernens der Achselknospen bis mindestens 6 m.m. unter die Stengelspitze von A. plumosus.

I				II			
Länger der Internodien am Entblätterungstag, in m.m	Länge der Internodien beim Beendigen der Beobachtung, in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge der verschiedenen Internodien, in μ	Zellenzahl per Internodium	Länge der Internodien am Entblätterungstag in m.m.	Länge der Internodien beim Beendigen der Beobachtung, in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge der verschiedenen Internodien, in μ	Zellenzahl per Internodium
12	12	74	162	8.5	8.5	75	113
17.5	18	75	233	11	11	70	157
22	22	72	305	12.5	12.5	78	160
20.5	20.5	71	282	14	14	71	187
18	23	77	299	18	18	93	193
9	21	96	219	17.5	17.5	112	151
6	21.5	111	194	21.5	21.5	137	156
3	18.5	115	161	20	21.5	124	157
2	18.5 {unten	116	{±160	13	18.5	125	149
	{oben	98					
1.5	16.5 {unten	91	{±160	9	18.5	119	155
	{oben	80		6.5	19	118	161
Spitze 6	19.5 {unten	119	{±155	4	20	120	166
	{oben	136					
	A			2.5	21	136	154
	23	135	170	A			
	22.5	150	153	2	27.5	177	155
	25	163	153	1.5	28.5	186	154
	26	177	147	Spitze 4.5	26.5	164	161
	20	175	114		16.5	114	145
	19	nicht ge-			7	nicht ge-	
	12	messen			3.5	messen	
	8.5				Spitze 10		
	Spitze 17						

A = die erstfolgende Achselknospe über dem unteren, der Aschelknospen beraubten Stengelteile.

schied. Eine Vergleichung von Tabelle 19 mit Tabelle 20 kann uns hiervon überzeugen.

Bei den Stengeln, die bis ± 6 m.m. unter die Spitze der Achselknospen beraubt worden waren, stellte sich heraus, dasz die Entblätterung auf die Zahl der Epidermiszellen, mit denen das Internodium in der Länge bekleidet ist, keinen Einflusz hat. Die allmähliche, kleine Abnahme der Zellenzahl kann als normal bezeichnet werden.

Vergleicht man hiermit die Stengel, die bis weniger als 6 m.m. unter die Spitze der Achselknospen beraubt worden sind, so stellt sich heraus, *dasz die Zahl der Epidermiszellen der Internodien, die sich im Augenblick, wo die Achselknospen entfernt wurden, innerhalb der Entfernung von 6 m.m. von der Spitze befanden, kleiner ist als die der weiter vom Gipfel entfernten Internodien.*

Auffallend ist weiter, dasz die durchschnittliche Zellenlänge dieser Epidermiszellen im gleichen Verhältnis, oder noch mehr zugenommen hat, als die Zellenzahl vermindert ist.

Beim Stengelstück, das nach oben dem der Achselknospen beraubten Stück folgt, nimmt die Zellenzahl noch mehr ab, während die durchschnittliche Zellenlänge noch zunimmt.

Mittels der Längsschnitte durch die verschiedenen Internodien eines Stengels, der bis 4 m.m. von der Spitze seiner Achselknospen beraubt worden war, ist weiter untersucht worden, welchen Einflusz das Entfernen der Achselknospen auf die Streckung der Markzellen hat. Wie schon früher mitgeteilt worden ist, sind die Messungen nicht mit der Genauigkeit verrichtet worden, wie dies bei den Messungen der Epidermiszellen der Fall war. Doch glaube ich, dasz die gewonnenen Angaben ihren Nutzen haben können.

Tabelle 21 enthält die Resultate dieser Messungen,

TABELLE 20.

Der Einflusz des Entfernens der Achselknospen bis weniger als 6 m.m. unter die Spitze von einem Stengel von A. plumosus.

I				II			
Länge der Internodien am Entblätterungstag, in m.m.	Länge der Internodien beim Beendigen der Beobachtung, in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge der verschiedenen Internodien, in μ	Zellenzahl per Internodium	Länge der Internodien am Entblätterungstag, in m.m.	Länge der Internodien beim Beendigen der Beobachtung, in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge der verschiedenen Internodien, in μ	Zellenzahl per Internodium
12	12	55	218	16	16	39	410
17	17	53	321	19.5	19.5	42	464
19	22.5	58	388	24	24	41	599
12	24.5	65	378	25	26	41	630
5	22.5	56	402	16	22.5	43	523
2.5	21	57	370	10	25.5	42	598
Spitze 5	19	111	171	5	21.5	40	537
	A			3	20	35.5	563
	20	158	126	2	19 unten 19 oben	32.5 35	±540
	22.5	155	145	1	19 unten 19 oben	52 80	±320
	23	166	138	Spitze 5	A		
	25	160	156		22.5	106	212
	27	159	169		25	124	202
	29	168	172		26	132	200
	31.5	208	151		27.5	130	212
	28	211	132		31	154	201
	23.5	228	103		31	163	181
	↓				27	210	128
	Spitze				28	230	128
					19.5		
					↓		
					Spitze		

A = die erstfolgende Achselknospe über dem unteren, der Achselknospen beraubten Stengelteile.

wobei zugleich die durchschnittliche Zellenlänge der Epidermiszellen bei den verschiedenen Internodien mitgeteilt worden ist.

TABELLE 21.

Der Einflusz des Entfernens der Achselknospen bis 4 m.m. unter die Spitze auf die durchschnittliche Grösze der Epidermiszellen und Markzellen eines Stengels von A. plumosus.

Länge der Internodien am Entblätterungstag, in m.m.	Länge der Internodien beim Beendigen der Beobachtung, in m.m.	Durchschnittliche Zellenlänge der Epidermiszellen in μ	Durchschnitliche Zellenlänge der Markzellen in μ	Zahl der Epidermiszellen per Internodium	Zahl der Markzellen per Internodium
6	6	53	176	113	34
7	7	54	186	129	37
7	7	54	188	129	36
13.5	13.5	59	240	228	56
10	13	58	240	225	54
6	14	62	245	225	57
4	10.5	50	188	200	56
2.5	10	52	169	192	60
2	9	49	150	184	60
1	7	52	127	134	55
1	6	58	116	103	52
Spitze 4	6.5	78	150	81	43
	9	110	210	82	43
	A				
	10	144	260	70	37
	10.5	160	300	65	35
	11	168	295	64	37
	9.5		260		37
	8		220		36
	7.5		210		36
	7.5		205		37
	Spitze 9				

A = die erstfolgende Achselknospe über dem unteren, der Achselknospen beraubten Stengelteile.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dasz die Markzellen auf das Entfernen der Achselknospen in gleicher Weise reagieren wie die Epidermiszellen. Es darf hieraus gefolgert werden, dasz der Einflusz der Achselknospen auf die Stengelteile, die im Augenblick, wo die Achselknospen entfernt wurden, weiter als 6 m.m. von der Spitze entfernt waren, sich auf eine Hemmung der Zellstreckung beschränkt hat.

Der Teil des Stengels der im Augenblick des Entfernens der Achselknospen weniger als 6 m.m. von der Spitze entfernt war, erfuhr vor allem einen hemmenden Einflusz auf die Zellteilung.

Aus dem Benehmen der Markzellen in Hinsicht auf das Entfernen der Achselknospen geht hervor, dasz nicht blosz die Epidermiszellen auf das Entfernen dieser Teile reagieren. Weil sich ergeben hat, dasz die Gewebe im Innern des Stengels in gleicher Weise reagieren wie die Epidermis, scheint es mir, dasz mit groszer Wahrscheinlichkeit behauptet werden kann, dasz die Mitgeteilten Veränderungen in Zellengrösze und Zellenzahl eine Folge sind vom Entfernen der Achselknospen.

Die Achselknospen haben offenbar groszen Einflusz auf die Zellstreckung aber ebenfalls auf die Zellteilung.

Obwohl in dieser Richtung keine Zellmessungen verrichtet worden sind, darf aus dem in Kapitel I in dieser Hinsicht Mitgeteilten gefolgert werden, dasz von der Endknospe ein derartiger Einflusz auf das Stengelwachstum ausgeht, wie bei den Achselknospen beobachtet worden ist.

5. Kurze Zusammenfassung.

1. Die in Kapitel II besprochenen Beobachtungen hatten die Absicht, zu untersuchen, welchen Einflusz die Achselknospen haben auf die Zellstreckungen und die Zellteilungen in dem Stengel von *A. plumosus.*

2. Diese Beobachtungen gründen sich fast ausschlieszlich auf Messungen an Epidermiszellen.
3. Um den Einflusz der Achselknospen zu untersuchen, wurde im voraus bei normalen, ausgewachsenen Stengeln nachgeforscht, ob es einen Zusammenhang gibt zwischen der Länge der Stengelglieder, der Zellenlänge und der Zellenzahl.
4. Aus diesen Messungen ging hervor, dasz in den unteren Internodien die durchschnittliche Zellenlänge ungefähr konstant ist und die Internodienlänge von der Zellenzahl abhängt. Bei den höheren Internodien steigt die Zellenlänge allmählich, während die Zellenzahl per Internodium abnimmt.
5. Aus derartigen Messungen an Markzellen bekommt man den Eindruck, dasz das sub 4. Mitgeteilte auch für das Parenchymgewebe zutrifft.
6. Aus Zellmessungen an wachsenden Stengeln geht hervor, dasz das Wachstum des Stengels von *A. plumosus* im Ganzen auf Zellstreckung beruht. Zellteilung findet nur statt bis 6 m.m. unter der Stengelspitze.
7. Das Kürzerbleiben der Internodien, über denen die Achselknospen entfernt worden sind, beruht auf einer geringeren Zellstreckung.
8. Auszer einem Einflusz auf die Zellstreckung geht von den Achselknospen auch ein Einflusz aus auf die Zellteilung, wie hervor geht aus Messungen an Stengeln, deren Achselknospen bis weniger als 6 m.m. unter der Stengelspitze enfernt worden waren.

KAPITEL III.

DIE ART DES WACHSTUMSFÖRDERNDEN EINFLUSZES DER ENDKNOSPE UND DER ACHSELKNOSPEN.

1. Der Einflusz der Endknospe und der Achselknospen auf die geotropische Krümmung.

In den vorhergehenden Kapiteln ist gezeigt worden,

dasz die Achselknospen und die Endknospe das Wachstum beeinflussen. Weiter is bekannt, dasz geotropische Krümmungen bei Stengeln eine Folge sind von Unterschieden an Wachstumsgeschwindigkeit zwischen unterer und oberer Seite.

Die Frage darf gestellt werden in wieweit die Endknospe und die Achselknospen einen Einflusz auf eine geotropische Krümmung ausüben können. Üben wirklich genannte Organe einigen Einflusz aus, so wird das Entfernen derselben die geotropische Krümmung sehr hemmen. Wie aus Fig. 13 hervor geht, trifft dies auch wirklich zu. In dieser Figur werden zwei Stengel untereinander verglichen die beide ihrer Achselknospen beraubt worden sind, aber wovon einer ebenso dekapiteirt ist, während der Andere die Endknospe behalten hat. Diese zwei Stengel gehörten derselben Pflanze.

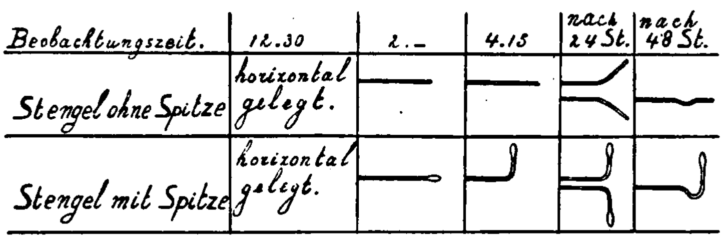


Fig. 13. Der Einflusz der Endknospe auf die geotropische Krümmung.

Aus Fig. 13 geht hervor, dasz die Reaktionszeit beim dekapitierten Stengel bedeutend länger ist als beim Stengel, dessen Endknospe nicht entfernt worden ist. Die Stengel sind 24 Stunden nach dem Anfang des Versuches 180° gedreht worden. Dies hatte zur Folge, dasz der schon wieder bis Vertikal zurückgekrümmte Stengel sich aufs Neue derart gekrümmt hat, dasz der obere Stengelteil wieder die Vertikale Stellung eingenommen hat.

Der enthauptete Stengel ist nur bis horizontal zurückgekrümmt.

Tabelle 22 zeigt das Wachstum dieser Stengel während obengenannten Versuches.

Obige Tabelle zeigt, dasz die Verlängerung der Stengel besonders stattfindet mittels Wachstums der Internodien, in denen die Krümmung aufgetreten ist. Die Verlängerung belief sich beim dekapitierten Stengel von 25 Jan. bis 27 Jan. auf 5.5 m.m. und beim Stengel mit Endknospe auf 22 m.m., während die Stengelteile, die bei diesen zwei Stengeln am 25 Jan. noch wuchsen, fast gleich lang waren. *Est gibt also offenbar einen Zusammenhang zwischen der Wachstumsgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der geotropischen Krümmung.*

Wartet man mit dem Horizontallegen eines dekapitierten und der Achselknospen beraubten Stengels bis die Wachstumsbeendigung, so bleibt auch die Krümmung aus. Ein enthaupteter, nicht seiner Achselknospen beraubter Stengel krümmt sich stets bis Vertikal, wenn er horizontal gestellt wird.

Aus dies allem geht hervor, dasz die Endknospe und die Achselknospen auf die geotropische Krümmung von A. plumosus einen wichtigen Einflusz ausüben.

2. Das Aufsetzen einer neuen Spitze auf dekapitierte Stengel.

Mittels des Aufsetzens einer neuen Spitze auf dekapitierte und ihrer Achselknospen beraubte Stengel ist versucht worden, die verlorengegangene geotropische Reizbarkeit wieder zu erwecken.

Für diesen Zweck war es unbedingt notwendig, dasz gesagt werden konnte, dasz die gebrauchten Stengel keine geotropische Reaktion mehr zeigten. Für die hier folgenden Beobachtungen sind denn auch stets Stengel gebraucht worden, die solange beobachtet waren, bis das Wachstum

TABELLE 22.

Das Wachstum der in Fig. 13 abgebildeten Stengel während des Versuches.

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden Internodien des Stengels mit Spitze, in m.m.	Länge der aufeinanderfolgenden Internodien des Stengels ohne Spitze, in m.m.	Tägliches Wachstum des Stengels mit Spitze in m.m.	Tägliches Wachstum des Stengels ohne Spitze in m.m.
25 Jan.	6 19 14 16 12 8 5 4 3 1.5 Spitze 6	7 12 13 7 5 3 2 1.5 1.5		
26 „	6 19 14 16 14 10 6.5 5 3.5 2.5 „ 7	7 12 13.5 8 5.5 3.5 2.5 1.5 1.5	9	3
27 „	6 19 14 16 16 13.5 9 7 4 5.2 „ 5	7 12 13.5 9 6 4 3 1.5 1.5	13	2.5

vollendet war. Nachher sind diese Stengel noch einen Tag horizontal gestellt worden, um untersuchen zu können, ob vielleicht noch Krümmung stattfände.

Stengeln, die den gestellten Auforderungen entsprachen, wurden abermals an der Spitze des Stengelstumpfes dünne Scheiben entnommen, bevor jedem Stengelstumpf eine frischabgeschnittene Spitze anderer *A. plumosus* oder *Sprengeri* aufgesetzt wurde.

Diese Spitze wurde mittels eines Ventilschlauches dem Stumpfe aufgesetzt. Besonders sind für diesen Zweck Spitzen von *A. Sprengeri* gebraucht worden, womit bessere Resultate erzielt wurden als mit Spitzen von *A. plumosus*.

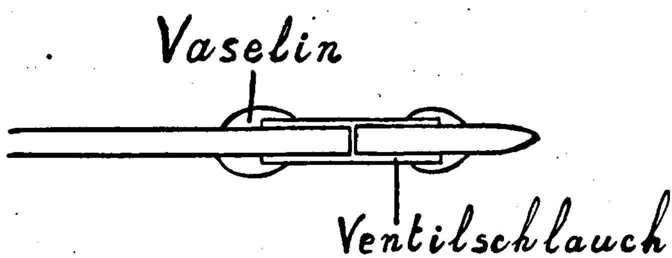


Fig. 14.

Eine der gröszten Schwierigkeiten dieses Versuches war das baldige Eintrocknen der Schnittflächen, wenn nicht darauf geachtet wurde, dasz die Öffnungen zwischen dem Ventilschlauch und dem Stengel genau mit Vaselin angefüllt wurden. (Siehe Fig. 14).

Zugleich muszte die Transpiration möglichst viel aufgehoben werden. Für diesen Zweck wurden die Probepflanzen unter eine grosze Glasglocke gestellt, die innerlich ganz mit feuchtem Filtrierpapier bekleidet war und auf einer groszen Glasplatte stand. Diese Vorsichtsmaszregeln gnügten eigentlich kaum. Dadurch konnte nicht bei allen Pflanzen eine Krümmung beobachtet werden. Wenn aber

eine Krümmung stattfand, war dies von einem geringen Wachstum begleitet, wie aus Tabelle 23 hervor geht.

TABELLE 23.

Der Einflusz des Aufsetzens einer Spitze von A. Sprengeri auf die geotropische Krümmung eines dekapitierten und seiner Achselknospen beraubten Stengels von A. plumosus.

Datum	Länge der aufeinanderfolgenden der Internodien in m.m.							Tägliches Wachstum in m.m.	Bemerkungen
8 Febr.	13	16	19.5	15	6.5	2	1		dekapitiert.
9 „	13	16	19.5	17	8.5	5	5.5	12	
10 „	13	16	19.5	17.5	9.5	5.5	6	2.5	
11 „	13	16	19.5	17.5	10	5.5	6	0.5	Stengel horizontal gestellt.
12 „	13	16	19.5	17.5	10	5.5	6	0	
13 „	13	16	19.5	17.5	11	6.5	6.5	2.5	Neue Spitze aufgesetzt.

Es hat sich also gezeigt, dasz der Einflusz, der von der Endknospe ausgeht, von der Spitze auf den Stumpf übertragen werden kann, auch wenn es kein^r direkte Verbindung zwischen Beiden gibt.

3. Die materielle Natur des Einfluszes, der von den Achselknospen und der Endknospe ausgeht.

Die sub. 2 mitgeteilten Beobachtungen zeigen sehr viel Ähnlichkeit mit denen, die an dekapitierten Koleoptilen von Avena gemacht worden sind.

Es ist verschiedenen Forschern gelungen, den Einflusz, der von der Spitze dieser Koleoptilen auf den Stumpf ausgeübt wird, auf Gelatineplättchen zu übertragen. Durch Übertragung des „Wuchsstoffes" auf Agar ist es Dolk sogar gelungen eine ungleiche Verteilung des „Wuchs-

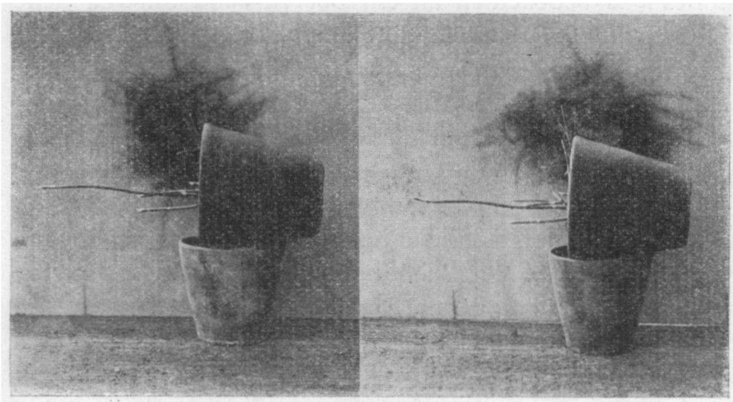
stoffes" zu beobachten an der oberen- und unteren Seite während 1800 Sekunden horizontal gereizter Koleoptilen. (H. E. Dolk, Geotropie en Groeistof, Utrecht 1930, Tabel IV S. 31). Dies macht es wahrscheinlich, dasz der genannte Einflusz bei diesen Koeloptilen materieller Natur sein musz.

Derartige Beobachtungen wurden nun gemacht an dekapitierten und der Achselknospen beraubten Stengeln von *A. plumosus*. Die Vorbehandlung dieser Stengel ist schon sub. 2 mitgeteilt worden. Der Unterschied zwischen den hier folgenden Beobachtungen und den sub. 2 genannten besteht darin, dasz auf den Stengelstumpf statt einer frischen Spitze ein dünnes gläsernes Trichterchen gesetzt wurde, das mit Gelatine 10 % gefüllt war.

Im voraus wurden in diese Gelatine einige schiefabgeschnittenen Spitzen von *A. Sprengeri* eingesteckt und blieben darin zwei Tage stehen. Die Trichterchen standen in einer gläsernen Kulturschachtel mit eingeschliffenem Deckel, wie sie in der Bakteriologie gebraucht werden. Der Boden dieser Schachtel war mit sterilisiertem Sand bedeckt, worin die Trichterchen mit ihren Spitzen steckten. Dies alles war so eingerichtet worden, um eine mögliche Entwicklung von Bakterien zu verhindern. Einige mit Gelatine gefüllten Trichterchen zeigten erst nach 17 Tagen eine geringe Bakterienentwicklung.

Beigehende Abbildung zeigt den Einflusz, den ein derartiges, mit Gelatine gefülltes Trichterchen auf einen dekapitierten und seiner Achselknospen beraubten Stengel hatte. Im voraus hatte ich mich davon überzeugt, dasz dieser Stengel keine geotropische Krümmung mehr zeigte.

Die linke Abbildung zeigt den Stengel, nachdem er einen Tag horizontal gestanden hatte. Das Trichterchen war eben angebracht worden. Die rechte Abbildung zeigt denselben Stengel 24 Stunden später.



L. R.

L: Trichterchen eben angebracht.
R: 24 Stunden später.

Mit reiner Gelatine 10 % gefüllte Trichterchen verursachten keine Krümmung.

Wir können aus diesen Beobachtungen schlieszen, dasz der Einflusz, der von der Spitze von *A. plumosus* und *A. Sprengeri* ausgeht, sehr wahrscheinlich auf dem Transport eines wachstumfördernden Stoffes nach den unteren Stengelteilen beruht.

4. Kurze Zusammenfassung.

1. Es stellte sich heraus, dasz die Achselknospen einen wichtigen Einflusz auf die geotropische Krümmung haben.
2. Es besteht offenbar ein direkter Zusammenhang zwischen der Wachstumsgeschwindigkeit und der geotropischen Krümmungsgeschwindigkeit.
3. Der Einflusz, der von der Endknospe ausgeht, kann von der Stengelspitze auf den Stengelstumpf übertragen werden, auch wenn es keine direkte Verbindung zwischen beiden gibt.

4. Indem man auf den Stumpf eines dekapitierten und seiner Achselknospen beraubten Stengels von *A. plumosus* ein Trichterchen mit Gelatine stellt, worin vorher während einigen Tagen eine oder mehrere Spitzen eines Stengels von *A. Sprengeri* gesteckt hatten, kann man dieselben Resultate bekommen, wie mittels Aufsetzens einer neuen Spitze.
5. Hieraus geht hervor, dasz der Einflusz, der von der Spitze von *A. plumosus* und *A. Sprengeri* ausgeht, auf den Transport eines wachstumsfördernden Stoffes nach den unteren Stengelteilen beruht.

ALLGEMEINE ZUSAMMENFASSUNG.

Diese Arbeit ist als ein Versuch zu betrachten, zu untersuchen, in wieweit das Wachstum ganzer Stengel von der Endknospe und den Achselknospen beeinfluszt wird.

Der wachsende Teil des Stengels muszte ein Ganzes sein, mit einer von unten nach oben bis ein Maximum steigenden und darüber abnehmenden Wachstumsgeschwindigkeit.

Dieser Anforderung entsprachen die Stengel von *Asparagus plumosus* und *Asparagus Sprengeri.*

Mittels Wachstumsmessungen an dekapitierten, ihrer Achselknospen beraubten und ihrer Achselknsopen nebst Endknospen beraubten Stengeln konnte gezeigt werden, dasz das Wachstum ausschlieszlich unter dem Einflusz von diesen Achselknospen und Endknospen stand.

Messungen der durchschnittlichen Zellenlänge an derartigen, ihrer Achselknospen beraubten oder dekapitierten Stengeln zeigten, dasz dieser Einflusz sich hauptsächlich auf die Zellstreckung bezieht.

Daneben wurde aber auch ein Einflusz auf die Zellteilung gefunden. Es stellte sich heraus, dasz die Endknospe und die Achselknospen auch die geotropische Krümmung beeinflussen. Der Einflusz der Endknospe auf die geotropische Krümmung konnte durch das Aufsetzen einer neuen

Spitze auf einen dekapitierten Stengel übertragen werden.
Ebenso erzielte ich eine geotropische Reaktion bei dekapitierten Stengeln durch das Aufsetzen eines mit Gelatine gefüllten Trichterchens, worin im voraus einige Spitzen anderer Stengel gesteckt hatten. Besonders durch diese Versuche wird es wahrscheinlich, dasz der Einflusz der Achselknospen und der Endknospe materieller Art ist.

Literatur.

Beyer, Ad., Untersuchungen über den Traumatotropismus der Pflanzen. Biol. Zentralblat 45, 1925.

Burkom, J. W. van, Het verband tusschen den bladstand en de verdeeling van de groeisnelheid over den stengel. Diss. Utrecht 1913.

Cholodny, N., Über die hormonale Wirkung der Organspitze bei der geotropischen Krümmung. Ber. d. d. bot. Ges. 42, 1924.

———, Beitrag zur Analyse der geotropischen Reaktion. Jahrb. f. w. Bot. 65, 1926.

———, Einige Bemerkungen zum Problem der Tropismen. Planta 7, 1929.

Dolk, H. E. Geotropie en Groeistof. Diss. Utrecht 1930.

Hartig, P. Over de ontwikkeling der elementaire weefsels gedurende den groei van den eenjarigen dicotyledonischen stengel. Tijdschr. voor Natuurl. Geschiedenis en Physiologie. 1844. Leiden.

Moll, J. W. De invloed van celstrekking en celdeeling op den groei. Diss. Leiden 1876.

Seubert, E. Über Wachstumsregulatoren in der Koleoptile von Avena satira. Jahrb. f. w. Bot. 65, 1926.

Stark, P. Das Reizleitungsproblem bei den Pflanzen im Lichte neuerer Erfahrungen. Ergebnisse der Biologie. Bnd 2, S 3.

Went, F. W., Wuchsstoff und Wachstum. Recueil des Travaux Bot. Néerl. Vol. XXV, 1928.